500/90 THC 2604

ELEKTRIE 8190

VERLAG TECHNIK BERLIN · Postverlagsort für DDR Leipzig · ISSN 0013-5399

NETZ-LEITTECHNIK

Versorgungszuverlässigkeit
Wirtschaftlichkeit
Innovation

0120238

vde verlag

Abonnieren Sie jetzt die Fachzeitschrift Ihrer Wahl:

etz
Elektrotechnische Zeitschrift
Elektrotechnik und Automation
für Experten

Erscheinungsweise: 2 x im Monat

Regulärer Jahresbezugspreis
DM 166,80

Ermäßigter Preis für unsere
Fachkollegen in der DDR

nur DM 94,20

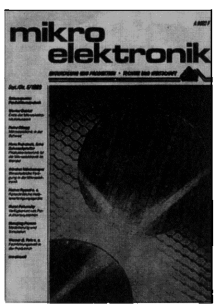
ntz
Nachrichtentechnische Zeitschrift
Informationstechnik und Telematik
für Experten

Erscheinungsweise: monatlich

Regulärer Jahrsbezugspreis
DM 245,40

Ermäßigter Preis für unsere
Fachkollegen in der DDR

nur DM 129,–



mikroelektronik
Entwicklung und Produktion
Technik und Wirtschaft

Erscheinungsweise: alle 2 Monate

Regulärer Jahresbezugspreis
DM 132,–

Ermäßigter Preis für unsere
Fachkollegen in der DDR

nur DM 69,–

Bestellcoupon:

☐ Ich/Wir interessiere(n) mich/uns näher für folgende Zeitschrift:
☐ etz
☐ ntz
☐ mikroelektronik

Bitte schicken Sie mir/uns ein **kostenloses** Probeheft zu.

☐ Ich/Wir bestelle(n) ein Abonnement
☐ ab sofort
☐ ab _____ der Zeitschrift
☐ etz
☐ ntz
☐ mikroelektronik

zum günstigen Bezugspreis für DDR-Fachkollegen.

Name: _____

Straße: _____

PLZ/Ort: _____

Datum/Unterschrift: _____

Diese Bestellung kann innerhalb von 8 Tagen schriftlich widerrufen werden. Es genügt während dieser Frist eine Mitteilung an den vde-verlag gmbh, Bismarckstraße 33, 1000 Berlin 12. Diesen Hinweis habe ich zur Kenntnis genommen und bestätige das durch meine 2. Unterschrift.

Datum/Unterschrift: _____

bitte einsenden an:

vde-verlag gmbh · Bismarckstraße 33 · D-1000 Berlin 12

Sind Sie unsicher in der Dimensionierung der Isolation Ihrer Erzeugnisse?

Dann wenden Sie sich vertrauensvoll an uns – wir konzipieren, berechnen und führen für Sie durch

- ***Wechselspannungsprüfungen bis 1,5 Mill. Volt***
- ***Blitzspannungsprüfungen bis 2,4 Mill. Volt***
- ***Verschmutzungsprüfungen mit haftender oder fließender Fremdschicht bis 330 kV bei 20 A***
- ***Messungen von Teilentladungen bis 400 kV nach NEWA und IEC***
- ***Schaltspannungsprüfungen bis 1 Mill. Volt***

nach in- und ausländischen Vorschriften oder speziellen Kundenwünschen.

Wir haben langjährige Erfahrungen!

Unsere Leistungen zur Lösung Ihrer Probleme

- ***Umfassende fachliche Beratungen***
- ***Aufbau der Versuchs- bzw. Prüfanordnung***
- ***Durchführung der Prüfung***
- ***Ausführliche Bewertung in Form von Prüfzertifikaten***

KWH

Keramische Werke Hermsdorf – Tridelta AG
Hochspannungsversuchsfeld
PF 2
Hermsdorf/Thüringen
6530
Telex 0528 246
Telefon 6 59 90 oder 6 59 63

ISSN 0013-5399
44. Jahrgang

ELEKTRIE 8/90

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift der Elektrotechnik

Organ des Fachverbands Elektrotechnik der Kammer der Technik

Redaktionsbeirat
Vorsitzender:
Prof. Dr. sc. techn. J. Vogel

Mitglieder:
Prof. Dr. sc. techn. S. Altmann · Prof. Dr. sc. techn. H. Böhme · Prof. Dr. sc. techn. Dr. h. c. P.-K. Budig · Dr. sc. techn. G. Burkhard · Dr.-Ing. D. Flügge · Obering. K. Friedel · Prof. Dr. sc. techn. J. Hoffmann · Dipl.-Ing. H. Kabisch · Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. e. h. R. Lappe · Dr. rer. nat. K. Möbius · Prof. Dr. sc. techn. E. Muschick · Prof. Dr. sc. techn. V. Pfeiler · Prof. Dr.-Ing. e. h. K. Pommer · Prof. Dr.-Ing. habil. R. Schönfeld · Obering. Dipl.-Ing. N. Wass · Prof. Dr.-Ing. habil. G. Wunsch

Korrespondenten:
Dr.-Ing. K. Hannella, Ilmenau · Dr.-Ing. W. Jordan, Dresden

Titelbild
Das Titelbild zeigt die Bezirkslastverteilung (BLV) Frankfurt/Oder mit der Leittechnik SIS/BLV der Starkstromanlagen Dresden GmbH und der Verbundnetz-AG. Insgesamt wurden alle 15 BLV auf dem Territorium der DDR (siehe sternförmige, schematische Darstellung) mit dieser Leittechnik ausgerüstet.
Die Ankopplung der Datenübertragungsstrecken zu den Umspannwerken erfolgt über eine ursadat-Anlage.
Foto: C. Bauer

VERLAG TECHNIK BERLIN GmbH

Inhalt

Seite

Aktuelle Information 282

Bauer, H.
Netzleittechnik – Stand und Trends 283

Weßnigk, K.-D.
Prof. Dr.-Ing. habil. Dietmar Schaller zum 60. Geburtstag 284

Fachaufsätze

Geißler, A.; Retzlaff, A.
Hardwarestruktur des SIS-BLV 285

Jarosczinsky, H.; Kadner, G.
Die Leitstellensoftware „Typlösung BLV" und die Technologie ihres serienmäßigen Betriebseinsatzes 287

Obenaus, D.; Schmid, G.
Maßnahmen zur Qualitätssicherung bei Leittechniksystemen SIS-BLV 290

Bauer, H.; Langer, G.; Kolpe, M.
Störfestigkeit der Eingangskreise für Meldungen bei unterschiedlichen Nennspannungen 292

Bauer, H.; Gnüchtel, K.; Henkel, G.
Einsatzvorbereitung und Inbetriebnahme der Schaltanlagen-Leittechnik für ein 380-/110 kV-Umspannwerk 297

Hain, A.; Mahnert, H.; Buchholz, B.; Kretzschmar, G.; Tosch, H.
Inbetriebnahme der KNOSPE im VUW Frankenberg 303

Mahnert, H.; Preußler, R.
Erfahrungen beim Betrieb von Mikro-Rechnersystemen in Umspannwerken 306

Rausendorf, S.
Elektrodendimensionierung von Hochspannungs-Prüfanlagen mittels numerischer Feldberechnung 310

Umschau

Produktinformationen 313

Fachtagungen 315

Aus anderen Zeitschriften 315

Bücher 316

AKTUELLE INFORMATION

FORUM
Institut für Management
bietet an:

Neue technische und wirschaftliche Entwicklungen zur rationellen Wärme-Kraft-Kopplung mit Blockheizkraftwerken

Zeit: 18. September 1990
Ort: Arabella Grand Hotel Frankfurt, Konrad-Adenauer-Straße 7, 6000 Frankfurt am Main

Inhaltliche Schwerpunkte
- Förderprogramme für BHKW
- Technische Neuentwicklungen
- Ökologische und genehmigungsrechtliche Aspekte
- Ökonomische Vorteile/Kostenberechnung
- Beispiele aus der Betriebspraxis

Recycling oder Entsorgung beladener Aktivkohle

Fachtagung
Zeit: 25. September 1990
Ort: Arabella Congress Hotel Frankfurt, Lyoner Straße 44-48, 6000 Frankfurt-Niederrad

Inhaltliche Schwerpunkte
- Einsatzgebiete, Eigenschaften und Adsorptionsvermögen von Aktivkohle
- Regenerations- und Reinigungsverfahren
- Biologisches Recycling
- Thermische Reaktivierung
- Entsorgungsverfahren, -nachweise, -vorschriften
- Anforderungen an die Gesamtemissionsbilanz für den Aktivkohleeinsatz

Qualitätssicherung – Zukunftssicherung mit System

Management-Seminar
Zeit: 26. und 27. September 1990
Ort: Bristol Hotel Kempinski Berlin, Kurfürstendamm 27, 1000 Berlin 15

Inhaltliche Schwerpunkte
- Von der Kontrolle zur Qualitätssicherung
- Industrielle Qualitätssicherung und -normen
- Qualitätssicherung ist Unternehmenssicherung
- Konsequenzen für das Managment
- Aufbau des Qualitätssicherungssystems
- Das Qualitätssicherungshandbuch

Produktionslogistik – flexible Fertigung mit kurzen Durchlaufzeiten

Fachseminar
Zeit: 9. und 10. Oktober 1990
Ort: Hotel Hamburg, Landgrafenstr. 4, 1000 Berlin 30

Inhaltliche Schwerpunkte
- Vorsprung vor der Konkurrenz durch geringere Materialbestände
- Materialstatistik und Kennzahlensysteme
- Heute erfolgreich in die Zukunft investieren
- Durchlaufzeiten verkürzen
- Informationen aus der Praxis für die Praxis

Flexible Fertigung und Bearbeitung mit Industrierobotern
Zeit: 17. und 18. Oktober 1990
Ort: Parkhotel Frankfurt, Wiesenhüttenplatz 28–36, 6000 Frankfurt am Main 1

Anfragen
Forum · Institut für Management
Postfach 105060
D–6900 Heidelberg
Telefon: 06 22 21/4 99 81
Telefax: 06221/411627
Telex: 461496 forum-d

Die elektrische Energieversorgung in den 90er Jahren

Vortragsveranstaltung
Zeit: 26. und 27. September 1990
Ort: Aachen (RWTH)
Veranstalter: Forschungsgesellschaft Energie an der RWTH Aachen e. V.

Inhaltliche Schwerpunkte
- Die elektrische Energieversorgung Europas in den 90er Jahren
- Die elektrische Energieversorgung – ein Evolutionsprozeß
- Der Energie-Binnenmark der Gemeinschaft unter besonderer Berücksichtigung des Elektrizitätssektors
- Die Stromversorgung in der Bundesrepublik Deutschland im Spannungsfeld zwischen energiepolitischen Zielvorstellungen und ihrer praktischen Bewährung
- Die Großverbundsysteme in Europa – Fakten und Grenzen
- Kooperationsmöglichkeiten zwischen Elektroverbundsystemen in West- und Osteuropa
- Netzentwicklung im Wandel technischer und politischer Randbedingungen
- Die elektrische Energieversorgung der Bundesrepublik vor Ort
- Rechtliche Determinanten örtlicher Energieversorgung
- Die Energieversorgung der Gemeinden im Wandel
- Die Entwicklung der regionalen elektrischen Energieversorgung der Niederlande
- Kraft-Wärme-Kopplung und Photovoltaik: Konkurrenz oder Ergänzung?
- Qualität der Spannungs- und Frequenzregelung im Vergleich von Großverbund- und Inselsystemen
- Aufgaben der städtischen Energieversorgung
- Kommunale Versorgung und Verbundwirtschaft

Anfragen
Forschungsgesellschaft Energie an der RWTH Aachen e. V.
Schinkelstraße 6
D–5100 Aachen
Telefon: (0241) 80-76 53
Telefax: (0241) 80-76 84

Die Redaktion EK 4266

CONTACT

Fachschau für Elektrotechnik
Zeit: 31. Oktober bis 2. November 1990
Ort: Frankfurt am Main

Präsentation der gesamten Breite der elektrotechnischen Produktionsgruppen von der Elektroinstallationstechnik über die Haustechnik, einschließlich der Heimelektroniksysteme, bis hin zur Verbindungs- und Antriebstechnik.
Zu einem umfassenden Rahmenprogramm gehören unter anderem: Der Aktionstreff „Neue Technik zum Anfassen", das Thema „Sicherheit" sowie eine Informations-Schau zum Thema „Wohnen im Alter".

Anfragen
Messe Frankfurt GmbH
Ludwig-Erhard-Anlage 1
POB 970126
D–6000 Frankfurt 1
Telefon: (069) 7575-6477

Die Redaktion EK 4266

Kurzschlußstromberechnung und -beanspruchung

Fachtagung
Zeit: 8. November 1990
Ort: Halle, Klub der Anlagenbauer
Veranstalter: Betriebssektion der KDT im Starkstrom-Anlagenbau Leipzig-Halle und Fachunterausschuß 1.19. „Berechnungsverfahren für elektrotechnische Anlagen" der KDT

Inhaltliche Schwerpunkte
- Normungsarbeit und ihre Ergebnisse auf dem Fachgebiet der Kurzschlußstromberechnung und -beanspruchung in der DDR (KDT/TGL), der BRD (VDE) und international (IEC)
- Kurzschlußströme in Drehstromanlagen (Rechenprogramm) Faktoren κ, μ, M, n; Asynchronmotoren, Kabelimpedanzen)
- Kurzschlußstromberechnung für zwölfpulsige stromrichtergespeiste und für batteriegespeiste Gleichstromanlagen
- Kurzschlußstromfestigkeit (beseilte Hochspannungsschaltanlagen; 110-kV-Stützer)
- Beherrschung von Störlichtbogen
- Zeitabhängigkeit der Festigkeitsgröße „Ausschaltwechselstrom"

Anfragen
Starkstrom-Anlagenbau Leipzig-Halle
KDT-Betriebssektion
Thälmannplatz 5
Halle/Saale
4020
Telefon: 87 04 23

Die Redaktion EK 4260

Von
Dr.-Ing. Hartmut Bauer
Hochschuldozent an der Techischen Universität Dresden, Lehrstuhl Elektroenergieanlagen, und Mitarbeiter der CIGRE-WG 23-05

In zunehmendem Maße wird für die Netzführung eine Prozeßleittechnik auf Mikrorechnerbasis eingesetzt. Zielstellungen dabei sind eine Erhöhung der Zuverlässigkeit und eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Elektroenergieversorgung. Beachtenswert ist, daß alle weiteren Innovationen auf den Gebieten Leittechnik, Schutz und Diagnose auf der Basis von Mikrorechentechnik zu erwarten sind. Diese Leittechnik beinhaltet die Netzführungsfunktionen Darstellen, Bedienen und Verarbeiten. Das Leiten (engl.: control) umfaßt alle Maßnahmen, die einen Prozeßverlauf im Sinne der vorgegebenen Zielfunktionen bewirken.

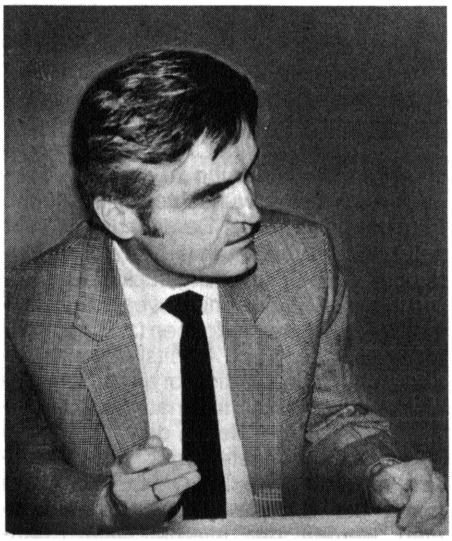
Die allgemeinen Anforderungen an die Leittechnik werden durch die SCADA-Funktionen (supervisory control and data acquisition) erfüllt, d. h. durch die Abbildung, Bedienung und Dokumentation zur Struktur, zu Belastungs- und Schaltzuständen des Netzes im normalen und gestörten Betrieb. Funktionen mit höheren Anforderungen, wie beispielsweise das Schalten unter Einbeziehung des Schaltfehlerschutzes bis hin zur Blindleistungs-Spannungs-Regelung, bauen stets auf diesen Grundfunktionen auf.
Zwei wesentliche Aufgaben für das Personal der Netzleitstellen sind das Steuern (Schalten und Stufen) und Regeln im Normalbereich sowie die Wiederversorgung und Wiedersicherung nach Störungen. Hierzu sind stets die Informationserfassung (z. B. Erkennen des Schalt- und Belastungszustandes), die Informationsverarbeitung (z. B. die Planung von Schaltfolgen) und die Informationsausgabe (z. B. Ausführung von Schaltbefehlen) durch das Personal erforderlich. Dabei wird die Qualität der Prozeßführung von den Hauptkriterien Zuverlässigkeit, Genauigkeit und Reaktionszeit bestimmt. Die Akzeptanz der Leittechnik durch das Personal wird fast ausschließlich von der Akzeptanz der Bedienoberfläche bestimmt. Andererseits wirkt diese Akzeptanz auf die Handlungssicherheit des Personals und beeinflußt damit die Versorgungszuverlässigkeit. Deshalb wird der Mensch-Maschine-Kommunikation (MMK) besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Das betrifft die Festlegungen von Form (z. B. Schaltgerätestellungen „Ein", „Aus" und „Zwischenstellung") und Farbe (z. B. Leitung in Betrieb, erdschlußbehaftet, einschaltbereit, geerdet oder beschädigt), aber auch die Eingabetechnologie (z. B. Alphanumerische oder Funktionstastatur oder Cursor mit Maus) in Abhängigkeit von der Anzahl der Hierarchieebenen.

Als Anforderungen an Leitsysteme lassen sich demzufolge zusammenfassen:

- hohe Systemverfügbarkeit und Sicherheit
- kurze Reaktionszeiten
- Bedienerfreundlichkeit mit zunehmend freier Bedienoberfläche
- pflegeleichte Datenspeicherung
- geringer Wartungsbedarf
- Modularität und Flexibilität von Hard- und Software.

Dabei haben Modularität und Felxibilität die Ausbaubarkeit des Systems zu ermöglichen. Das ist nicht nur infolge einer möglichen Netzvergrößerung zu erwarten, sondern auch bei gewünschtem Hinzufügen spezieller Protokolle, Berechnungen oder neuer HEO-Funktionen (Höhere Entscheidungs- und Optimierungsfunktionen) sowie bei der Einbeziehung von technisch-organisatorischen Aufgaben (z. B. Instandhaltungsplanung und Arbeitskräfteeinsatzplanung). Gegenwärtig gibt es auf dem Gebiet der Leittechnik international umfangreiche Aktivitäten. Neben den zahlreichen Angeboten und Lieferungen von Herstellern und der Auswertung von Erfahrungen durch die Energieversorgungsunternehmen werden der internationale Erfahrungsautausch gepflegt und die Normungsarbeiten forciert. Ausdruck hierfür sind die Arbeiten der CIGRE-Arbeits-Gruppe 23-05, insbesondere zum Entwurf und zur Instandhaltungspraxis für den Sekundärteil von Umspannwerken, das CIGRE-Symposium „Digital technology in power systems" im Juni 1989 in Bournemouth oder das VDEW-Symposium „Stand und Zukunft der Netzleittechnik" im Dezember 1989. Nicht zuletzt wirken sich die Arbeiten der Internationalen Organisation für Normung (ISO) zum OSI (Open System Interconnection) – Referenzmodell und die Gewährleistung der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMC) förderlich auf die weitere Entwicklung der Leittechnik aus. In der DDR gibt es neben der Schaltanlagenleittechnik (vgl. ELEKTRIE 11/88) auch erste Erfahrungen beim Einsatz von Netzleittechnik in den Bezirkslastverteilungen (BLV). Nach Auswertung des Erstanwendungsfalles in der BLV Chemnitz wurden in den Jahren 1988 bis 1990 alle weiteren 14 BLV mit der mikrorechnerbasierten Leittechnik SIS/BLV ausgestattet. Durch Verbindung dieser Mikrorechnersysteme mit den bestehenden Informationsübertragungseinrichtungen zu den Netzknotenpunkten über ein ursadat-System werden die allgemeinen SCADA-Funktionen für die 110-kV-Netze realisiert. Der weitere Ausbau sollte die Erweiterung der Informationsübertragung zwecks Abbildung aller notwendigen Prozeßwerte und die Einbeziehung der Steuerung beinhalten.
International sind als Trends die zunehmende Standardisierung bei Hardware, Echtzeit-Betriebssystemen und Bedienoberflächen, der Übergang von Strukturen und Bussystemen auf lokale Netze (LAN) mit offener Kommunikation sowie die wachsende Bedeutung des Engineering von der Softwareerstellung mit CASE (Computer Aided Software Engineering) bis zur gesamten Abwicklung beim Einsatz von Leittechnik erkennbar. Demzufolge werden PC und Workstations in zunehmenden Maße in die Leittechnik eingebunden. Gesamtkonzepte zu Schutz, Schaltanlagenleittechnik, Fernwirktechnik und Netzleittechnik werden die Integration fördern.

PERSÖNLICHES



Prof. Dr.-Ing. habil. Dietmar Schaller zum 60. Geburtstag

Am 27. August 1990 vollendet Prof. Dr. habil. *Schaller* sein 60. Lebensjahr. Dieser Ehrentag ist für seine Schüler und Freunde Anlaß, sein verdienstvolles Wirken für die Elektroenergieversorgung und insbesondere für die Entwicklung der Netzberechnung und -optimierung zu würdigen.

Nach Abschluß der schulischen Ausbildung 1949 an der Oberschule in Falkenstein mit dem Abitur und einer angefangenen Lehre als Elektromonteur nahm Prof. *Schaller* ein Direktstudium Elektrotechnik an der damaligen TH Dresden auf, das er 1955 mit der Diplomarbeit „Erzeugung von Stoßwellen großer Stirnsteilheit" bei Prof. *Obenaus* abschloß. Eine einjährige Tätigkeit in der Abteilung Hochspannungsschaltgeräte im VEB Sachsenwerk Niedersedlitz als Konstrukteur gab ihm die Möglichkeit, sich intensiv mit Schaltspannungsproblemen zu beschäftigen. Während seines Wirkens als Assistent und später als wissenschaftlicher Oberassistent an der Technischen Hochschule Ilmenau fand er das seinen gesamten wissenschaftlichen Lebensweg bestimmende Aufgabenfeld, die Netzberechnung und Optimierung der Betriebsführung des Elektroenergiesystems.

Mit der Dissertation „Darstellung des komplexen Knotenpunktverfahrens am Gleichstromnetzmodell" erwarb er 1961 bei Prof. *Furkert* den akademischen Grad Dr.-Ing. und mit der Arbeit „Vereinfachte Berechnung von Schaltzustandsänderungen im Elektroenergiesystem" den Grad Dr.-Ing. habil. Ab 1. 6. 1963 bis 31. 1. 1968 nahm er zunächst als wissenschaftlicher Mitarbeiter und danach als Fachgebietsleiter am Institut für Energetik Leipzig wesentlichen Einfluß auf die Entwicklung der analogen und digitalen Rechentechnik für die Elektroenergieversorgung. Mit der Inbetriebnahme des ersten Digitalrechners ZRA 1 am Institut für Energetik beschritt er die sich ergebenden neuen Wege zur Leistungsfluß- und Kurzschlußstromberechnung für das Elektroenergiesystem. Weiterhin beschäftigte er sich mit Fragen der Geoelektrik, der Erdungs- und Blitzschutztechnik, der Sternpunktbehandlung, der inneren Überspannungen, der Beeinflussung, der Versorgungszuverlässigkeit und der Steuerung des Elektroenergiesystems. Am 1. 2. 1968 folgte Prof. *Schaller* der Berufung als Hochschuldozent für Grundlagen der elektrischen Energietechnik an die TH Ilmenau. Neben der Lehrtätigkeit widmete sich Prof. *Schaller* besonders der Betreuung der Diplomanden, Forschungsstudenten und Aspiranten, so daß er als Fakultätsreferent für den wissenschaftlichen Nachwuchs berufen wurde. 1970 übernahm Prof. *Schaller* den Lehrstuhl für Netztechnik der Elektroenergieversorgung der damaligen Ingenieurhochschule Zittau. Als einer der erstberufenen ordentlichen Professoren an dieser Bildungseinrichtung hatte er maßgeblichen Anteil an der Umgestaltung der Ingenieurschule zur Technischen Hochschule. Neben der Leitung des Lehrstuhles war er mehrere Jahre als Stellvertreter des Sektionsdirektors für Forschung, als Leiter des WB „Elektroenergetische Grundlagen", der Forschungsrichtung „Elektroenergiesysteme", als Mitglied des „Wissenschaftlichen Rates der TH Zittau" und mehreren Fach- und Fachunterausschüssen der KDT tätig. In der Forschung konzentrierte er sich mit seinem Kollektiv und zahlreichen Promovenden aus Betrieben der Energiewirtschaft auf Probleme der Netzplanung, -berechnung und der Führung des Netzes in Havariesituationen. Dabei hat er bedeutende Beiträge zum Einsatz der Analog- und Digitaltechnik in der Elektroenergietechnik geleistet. Seine Arbeiten fanden in 60 Veröffentlichungen im In- und Ausland ihren Niederschlag wobei besonders das Buch „Maschinelle Berechnung und Optimierung" und einige Hauptkapitel im Taschenbuch Elektrotechnik „Systeme der Elektroenergietechnik" zu nennen sind. Den Studenten und Mitarbeitern vermittelte er durch seine 20jährige Lehrtätigkeit wesentliche Grundlagen auf dem Gebiet der Netztechnik. Als national und international anerkannter Fachmann arbeitet Prof. *Schaller* in verschiedenen RGW-Gremien mit und realisierte eine erfolgreiche wissenschaftliche Zusammenarbeit insbesondere mit wissenschaftlichen Einrichtungen der UdSSR und ČSFR.

Besonders hervorzuheben ist der Aufbau einer Trainingsanlage für Dispatcher von Lastverteilerorganen „Schulungszentrum Energie an der TH Zittau". Das durchgeführte Training hat wesentlich zur Erhöhung der Handlungssicherheit der Dispatcher beigetragen.

Die Mitarbeiter und Studenten der Sektion „Elektroenergieversorgung und Anlagenautomatisierung" wünschen Prof. *Schaller* anläßlich seines 60. Geburtstages Gesundheit, Schaffenskraft, weitere Erfolge in der wissenschaftlichen Arbeit und alles Gute.

K.-D. Weßnigk, Zittau EK 4251

Elotech GmbH Lobenstein

WIR BIETEN AN:

- **Leiterplattenbestückungskapazität**
- **Inbetriebnahme und Prüfung von Leiterplatten**
- **Herstellung von Thermoplastspritzgießteilen**
- **Formenbau**
- **Montagearbeiten**

Wir wollen für Sie mit leistungsfähiger Ausrüstung ein zuverlässiger und vielseitiger Partner sein.

Unsere Spezialisten stehen Ihnen unter der Telefonnummer Lobenstein 810 täglich von 6.45 Uhr bis 16.15 Uhr für entsprechende Auskünfte zur Verfügung.

DDR-6850 Lobenstein, Bayerische Straße 12/13
Telefon: 810 · Telex: 588849

EVU-Börse 90

Energieversorgungsunternehmen

11. bis 13. September 1990

Kulturhaus der Energiearbeiter, Rhinstraße 139a, Berlin, 1136

Das Energiekombinat Berlin veranstaltet eine deutsch-deutsche Börse zur Anbahnung von Geschäftsbeziehungen und Auftragserteilung. 50 Firmen der BRD und DDR stellen aus, stehen für Consulting und Fachvorträge zur Verfügung.

Fordern Sie unser Informationsmaterial an!
Energiekombinat Berlin, Abt. TN
Littenstraße 109,
Berlin, 1026

Hardwarestruktur des SIS-BLV

A. Geißler; A. Retzlaff; Dresden

1. Gerätekonfiguration

Basis der mikrorechnerbasierten Leittechnik SIS-BLV bildet ein über einen schnellen seriellen Doppelbus gekoppeltes Mehr-Mikrorechner-System mit dem Rechner K 1520 auf der Basis U 880 (kompatibel zu Z 80). Die prinzipielle Gerätestruktur dieses Mehr-Mikrorechner-Systems in Verbindung mit den Peripherieeinrichtungen zeigt Bild 1. Hier sind alle relevanten Geräte und Baugruppen als funktionelle Einheit zusammengefaßt dargestellt. Dabei wird zwischen Fernwirkebene und Prozeßleitebene unterschieden.

Die Fernwirkebene umfaßt alle Fernwirktechniken, welche der Erfassung und Übertragung von Prozeßinformationen dienen. Der Umfang der zu übertragenden Information (Meldungen, Meßwerte) aus größeren Stationen erfordert den Einsatz zeitzyklisch arbeitender Fernwirksysteme (Telegrammkopplung), lediglich aus dem Nahbereich wird ein geringer Teil von Meßwerten analog übertragen. Bisher kamen die Fernwirksysteme ursatrans 4133, ursatrans 4143, ursatrans 5120, DMS 80, BZ 500 und Erfurt 100 zum Einsatz. Am Ausgang der Fernwirktechnik stehen die Prozeßdaten über ein Zwischeninterface zur Übergabe an die Prozeßkoppeleinrichtung ursadat 5000 bereit. In der ursadat 5000 (K 1520, Betriebssystem EIEX) erfolgt die Prozeßdatenaufbereitung und -bereitstellung für das Mikrorechner-System. Die Verbindung zwischen ursadat 5000 und dem Mikrorechner-System stellt der Koppelrechner ursadat (KRUR) her. Er ist in der ursadat 5000 installiert, ist aber Bestandteil des Mikrorechnersystems und damit auch in dessen Betriebssystem EBS integriert. Der Datenaustausch zwischen ursadat 5000 und KRUR erfolgt über die PIO der beiden ZRE.

Die Prozeßleitebene wird durch das gesamte Mikrorechner-System dargestellt. Dazu gehören ein Mikrorechnerschrank mit den Rechnern

- Leitrechner (LR)
- Bildschirmkommandorechner (BSKR)
- Koppelrechner BC (KRBC) und Sprachausgabe (SPRA),

die in Bedienpulten bzw. Einzelgehäusen untergebrachten Rechner

- Bedienrechner (BR)
- Bildschirmsteuerrechner (BSSR)

sowie der

- Koppelrechner ursadat (KRUR)

im Gefäßsystem der ursadat 5000.

Diese Rechner sind über einen Doppel-Koaxial-Bus (50 Ω) mit einer Übertragungsrate von 300 kBaud gekoppelt. Die maximale Buslänge beträgt 150 m.

Auf dem Bus 1 fungiert der Leitrechner als Master. Alle weiteren Rechner arbeiten auf diesem Bus als Slaves. Der LR nimmt im MR-System aufgrund wesentlicher Funktionen zur Systemsteuerung eine zentrale Stellung ein. In ihm wird das Prozeßabbild als Quell- und Zielgebiet aller Prozeßdatenverarbeitungsvorgänge geführt, die Prozeßinformationsverarbeitung sowie Systemüberwachung realisiert. Alle Dateien des Prozeßabbildes sind auf einer statischen CMOS-RAM-Leiterkarte mit Stützbatterie eingetragen, so daß die Daten bei Störungen bzw. Wartungsarbeiten nicht verloren gehen.

Master auf Bus 2 ist der BSKR, alle übrigen Mikrorechner fungieren als Slaves. Der BSKR enthält Dateien für die Zuordnung der Prozeßinformation zur Farbdisplaydarstellung und sendet alle variablen Informationen zur Anwahl und Aktualisierung der Farbbilder an die BSSR.

Die Informationsdarstellung erfolgt vorrangig über Farbmonitor (K 7226) in Form von Netzbildern (Übersichts- bzw. Detailbildern), Meßwerttabellen und Protokolltext-Bildern. Jeder Farbmonitor wird von einem BSSR angesteuert, wobei eine Monitordopplung möglich ist (maximale Kabellänge 15 m). Im BSSR sind die Bildbibliotheken abgelegt, die für den konstanten Teil der Farbbildanzeige benötigt werden.

Alle Bedienhandlungen zur operativen Prozeßführung werden mittels alphanumerischer Tastatur und s/w-Monitor über den BR abgewickelt. Zusätzlich realisiert der BR Funktionen zur Systempflege bzw. Wartung (Fernmonitor, Datenübertragungstest).

Der KRBC bildet die Schnittstelle für

- On-line-Bürocomputer (BC A 5120 oder EC 1834) über V 24,
- zwei Seriendrucker (SD 1152) oder Nadeldrucker (K 6314) über IFSS
- Sprachausgabe (Kurzansagemodul KAM) über PIO
- Retranslation über V 24.

Mit Hilfe des On-line-BC werden

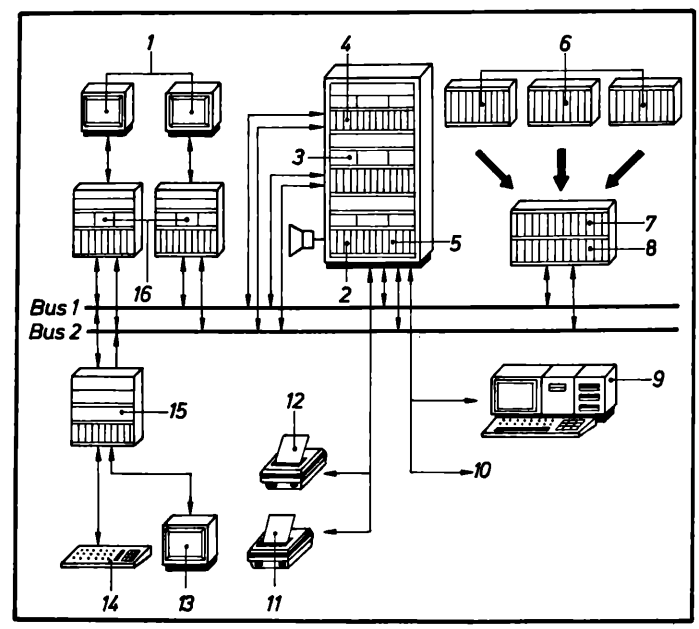
- bei Systemstart bzw. nach Neugenerierung die Dateien PROZESSABBILD und BEZEICHNUNGEN von Diskette eingelesen
- Prozeßdaten in gestaffelter Auflösung zyklisch auf Diskette gespeichert.

Die Betriebs- und Störprotokollführung übernehmen zwei Drukker. Auf dem Kurzansagemodul ist der Wortschatz zur akustischen Aufmerksamkeitssteuerung bei Prozeßzustandsänderungen abgespeichert. Eine Aktivierung der Sprachausgabe erfolgt ereignisabhängig durch den KRBC.

Die Retranslationsschnittstelle ermöglicht die Übergabe von nach technologischen Gesichtspunkten ausgewählten Prozeßdaten an den staatlichen Hauptlastverteiler über das Fernmeldenetz.

Wie im Bild 1 angedeutet, ist das Mehr-Mikrorechner-System je nach Anwendungsfall, technologischen Bedingungen und örtlichen Gegebenheiten modular aufrüstbar. So können wahlweise 1 bis 3 BR und 2 bis 5 BSSR projektiert werden. In Lastverteilungen

Bild 1. SIS-BLV – Gerätestruktur
1 Farbmonitore (2...5); *2* Sprachausgabe; *3* Bildschirmkommandorechner; *4* Leitrechner; *5* Koppelrechner BC; *6* ursatrans-Einrichtung; *7* ursadat; *8* Koppelrechner; *9* Dokumentationsrechner; *10* Retranslation; *11* Betriebsprotokoll; *12* Störprotokoll; *13* s/w-Monitor; *14* Bedientastatur; *15* Bedienrechner (1...3); *16* Bildschirmsteuerrechner



Ing. *Arndt Geißler*, ZFT/Institut für Energieversorgung Dresden im Kombinat Verbundnetze Energie; Ing. *Andreas Retzlaff*, **„Otto Buchwitz" – Starkstrom-Anlagenbau Dresden**

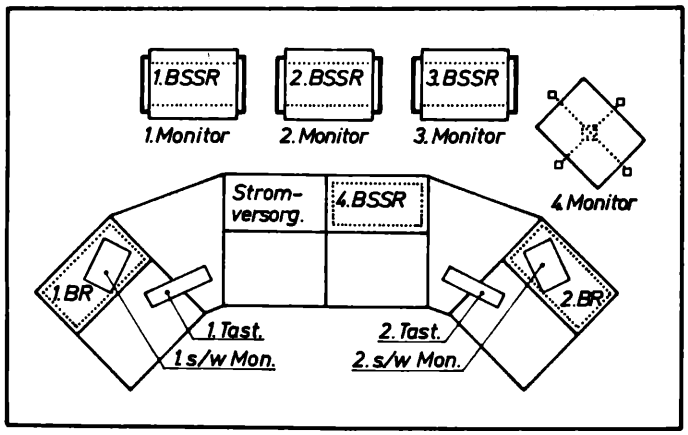


Bild 2. SIS-BLV – Variante für Geräteanordnung

mit großem Informationsumfang kann die ursadat 5000 durch eine 2. oder 3. Grundeinheit erweitert werden. Insgesamt ist das System SIS-BLV für die Verarbeitung von bis zu 1200 Meßwerten 5500 Meldungen ausgelegt.
Das Bussystem ist redundant aufgebaut. Ist einer der beiden Busse gestört bzw. unterbrochen, so findet der Datentransfer im vollen Umfang und mit geringfügiger Zeitverzögerung über den nicht gestörten Bus statt. Die Busstörung wird auf dem Bedienmonitor angezeigt.
In jeden Mikrorechner können Service-Leiterkarten mit Prüfprogrammen für Service- und Reparaturzwecke gesteckt werden. Damit besteht die Möglichkeit, den Mikrorechner nicht nur innerhalb des Systems mittels Fernmonitor durchzuprüfen, sondern auch jeden Mikrorechner autonom zu prüfen. Der Operativdienst der Dispatcher wird dabei nicht beeinflußt.

2. Karteneinschübe

Grundlage des Mehr-Mikrorechner-Systems bildet das OEM-Baugruppensystem K 1520 in Verbindung mit Sonderbaugruppen zur spezifischen Systemanpassung.
Von den OEM-Baugruppen kommen die allgemein bekannten Karteneinschübe, wie:
- zentrale Verarbeitungseinheit
- dynamische und statische Schreib-Lese-Speicher
- Festwertspeicher
- Anschlußsteuerung Tastatur
- Anschlußsteuerung V 24
- Anschlußsteuerung monochromer Bildschirm

zum Einsatz. Folgende Sonderbaugruppen werden eingesetzt:
- Fabbildansteuerkarten (1 Satz bestehend aus 3 Leiterkarten)
- Datenübertragungskarte
- Kurzansagemodul
- Testinterface in Verbindung mit Anzeigeinterface

Die Farbbildansteuerkarten organisieren einen Bildaufbau von 80 Symbolen pro Zeile × 32 Charakter-(Symbol) Zeilen. Daraus ergibt sich eine aktive Bildfläche von 2560 Symbolen á (7 × 8) Bildpunkte. Aus den drei Farben rot, grün, blau lassen sich durch Kombination insgesamt acht verschiedene Farben darstellen (rot, grün, blau, gelb, zyan, violett, weiß und schwarz). Jeweils eine dieser acht Farben kann als Vordergrund- und Hintergrundfarbe des Symbols verwendet werden. Die Aktivierung eines Blinksignales ist gegeben.
Die Datenübertragungskarte dient der Kopplung mehrerer K 1520-Mikrorechner über 50 Ω HF-Koaxial-Kabel bei Entfernungen bis etwa 150m. Da die Mikrorechner über Trafos mit dem Koaxial-Kabel verbunden sind, bleiben sie galvanisch getrennt. Die hohe Datenrate von 307,2kBaud (etwa 38,4kByte/s) wird über direkten Speicherzugriff (DMA) an den Mikrorechner angepaßt.
Das Kurzansagemodul in Verbindung mit zwei 16-kByte-EPROM-Speicherkarten verfügt über einen Wortschatz von 13 Wörtern und ein Ankündigungssignal. Die Wörter werden durch geeignete Kombinationen zu Meldungen und Handlungsaufforderungen zusammengesetzt und dienen der akustischen Aufmerksamkeitslenkung.
Die Testinterfacekarte bildet das RESET-Signal und unterstützt die Fehlersuche durch Fehleranzeige auf dem Anzeigeinterface.

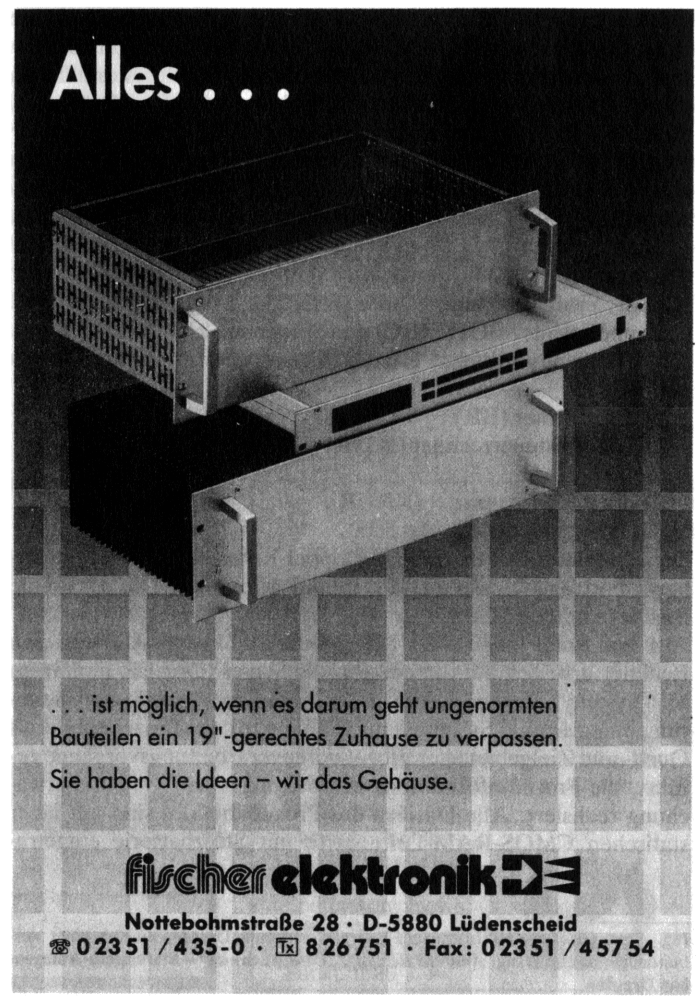
3. Gefäßsystem

Für den Einbau der Mikrorechner steht ein für viele Einsatzfälle konfigurierbares Gefäßsystem zur Verfügung (EGS; TGL 25068). Eine den Räumlichkeiten angepaßte Aufstellung der Pultteile, Ecksegmente und Gehäuse sichert eine ergonomisch günstige Arbeitsweise des Bedienpersonals. Die einzelnen Pultteile und Ecksegmente werden zum Pult zusammengeschraubt. Die Gehäuse mit den darauf befindlichen Farbmonitoren sind vor dem Pult aufgestellt. Es besteht auch die Möglichkeit, die Farbmonitore auf Monitorsäulen unterzubringen. Im Bild 2 ist eine mögliche Aufstellungsvariante dargestellt.

4. Stromversorgung

Die Stromversorgung ist für alle Mikrorechner, den on-line-BC und die Drucker unterbrechungsfrei, für sämtliche Lüfterbaugruppen notstromgestützt ausgelegt. Das Pultteil Stromversorgung verteilt innerhalb des Pultes den Strom an die jeweiligen Mikrorechner. Es beinhaltet die Baugruppen zur Überwachung und Absicherung der Mikrorechner sowie den Zer- und Entstörungsschutz. Durch den Zer- und Entstörungsschutz wird verhindert, daß elektromagnetische Störungen in das System gelangen. Er realisiert gleichfalls den Blitzschutz.

EA 6139



Die Leitstellensoftware „Typlösung BLV“ und die Technologie ihres serienmäßigen Betriebseinsatzes

H. Jarosczinsky; G. Kadner; Dresden

Gemäß dem in der Elektroenergieversorgung der DDR praktizierten Prinzip der Netzebenensteuerung obliegt den Bezirkslastverteilungen (BLV) die Steuerung der 110-kV-Systeme ihres Versorgungsbereiches.
Die praktische Zeitgleichheit von Erzeugung, Übertragung, Verteilung und Verbrauch des Produktes Elektroenergie und die Bedeutung seiner unterbrechungsfreien Bereitstellung für Wirtschaft und Bevölkerung stellen hohe Anforderungen an die Steuerung dieses vom Grundsatz her automatisch ablaufenden Prozesses.
Der Flächencharakter der 110-kV-Teilsysteme im zu versorgenden Gebiet erfordert den Einsatz fernwirktechnischer Mittel zur Prozeßdatenbereitstellung, wobei zur effektiven Kanalnutzung zeitmultiplexe (serielle) Übertragungsverfahren zum Einsatz kommen. Übertragungsgeschwindigkeit und Meßwert-/Meldungsumfang bestimmen maßgeblich die Aktualität und das Auflösungsvermögen des Abbildes, das dem Steuerungsorgan vom zu steuernden Prozeß vermittelbar ist.
Zweck und Aufgabe der verfahrenstechnischen Lösung „Typlösung BLV“ auf dem Gebiet der operativen Prozeßführung ist dabei die Prozeßüberwachung anhand der fernwirktechnisch in den Bezirkslastverteilungen zentralisierten Informationen und die aufgaben-, funktions- und dispatchergerechte Vermittlung der aktuellen Prozeßsituation als Grundlage treffsicherer Entscheidungen.
Dabei ist zu beachten, daß getätigte Investitionen zur Prozeßdatengewinnung sinnvoll in dieses neue System eingebunden werden. Die programmtechnische Anpassung an die Systemlösung erfolgt zweckmäßigerweise an einer zentralen Schnittstelle zur Fernwirktechnik, die gleichzeitig das programmtechnische Rangieren der Informationen ermöglicht. Nachträgliche Veränderungen und Erweiterungen in der Prozeßdatenübernahme lassen sich dadurch sehr günstig in das implementierte Anwenderprogrammsystem in Form von Nachgenerierungen einbringen.
Dank der Allgemeingültigkeit der verfahrenstechnischen Lösung werden nach dem Abschluß der Ausstattung aller BLV der DDR und eines Trainingszentrums für Dispatcher auch andere Leitstellen elektrischer Netze damit ausgerüstet. Infolge des modularen Aufbaus der Hard- und Software ist darüber hinaus der Einsatz für Leitstellen anderer technologischer Prozesse mit hohem Wiederverwendungsanteil effektiv möglich.
Ein weiterer Aspekt ist die Möglichkeit der Anschaltung weiterer Funktionen über angelegte und damit bereits bestehende Schnittstellen für Subprozesse. Als wesentliche Komponenten sind hierfür Prozesse zu nennen, die neu aufgebaut werden bzw. der technischen Weiterentwicklung unterliegen.
Zum Zeitpunkt der Realisierung konnten
- die eigenständige Lösung zur U/Q-Fahrweise und
- der Ausbau der Dokumentations- und Ratgeberfunktion

problemlos mit dem Anwenderprogrammsystem verbunden werden, ohne daß deren Selbständigkeit in der perspektivischen Weiterentwicklung beeinträchtigt wird.
Gleiche Gesichtspunkte gelten für die Umrüstung bei veränderten betriebstechnologischen Anforderungen bzw. infolge der sehr schnell verlaufenden Entwicklung neuer Hardwarekomponenten einschließlich ihrer Peripherie.

Dr. *Herbert Jarosczinsky*; Dipl.-Ing. *Gerhard Kadner*; ZFT/Institut für Energieversorgung Dresden

1. Softwaresystem

1.1. Softwarekomponenten

Grundlage der Lösung ist das Erzeugnis SIS/BLV des „Otto Buchwitz“ Starkstromanlagenbau Dresden. Das Erzeugnis umfaßt hardwaremäßig das doppelbusgekoppelte Mehrmikrorechnersystem, wie es im betreffenden Beitrag dieses Heftes dargestellt ist.
Als Basissoftware ist darin
- ein netzfähiges Echtzeitbetriebssystem auf der Grundlage einer Entwicklung des Instituts für Energetik Leipzig
- ein residentes Testsystem für die Mehrmikrorechnerkopplung über den seriellen Doppelbus vom ZFT/Institut für Energieversorgung Dresden und
- ein residenter lokaler Debugger in jedem Rechner für Prüffeld- und Inbetriebnahmearbeiten

implementiert.
Die Anwendersoftware wird vom ZFT/Institut für Energieversorgung geliefert und enthält das gesamte Programmpaket für den Einsatz in Leitstellen elektrischer Netze. Die Spezifik des konkreten Einsatzfalles wird grundsätzlich durch Listen und Tabellen realisiert, deren Erarbeitung größtenteils vom Anwender übernommen werden kann. Lediglich algorithmische Besonderheiten einer BLV erfordern einsatzfallspezifische Programme.
Das unterschiedliche Spektrum an Fernwirksystemen bei jedem Einsatzfall erfordert einen großen Teil spezifischen Aufwandes für die Fernwirkankopplung, während im davon gespeisten MR-System der Wiederverwendungsgrad der Task's in den meisten Fällen über 90% lag. Voraussetzung für eine derart effektive Software war die Abstimmung und Durchsetzung einer weitestgehend einheitlichen technologischen Lösung in allen BLV durch die Hauptlastverteilung der DDR, die zugleich Auftraggeber für die Entwicklung der „Typlösung BLV“ war.

1.2. Eigenschaften von Werten und Meldungen

Ausgehend von der Zielstellung, daß die mikrorechnergestützte Netzleittechnik grundsätzlich auch einen Betrieb ohne klassisches Leuchtbild sichern soll, und von der Bedingung, daß zur Netzführung stets ein aktuelles Abbild des gesamten Netzes (unabhängig vom gegenwärtigen Fernwirkausstattungsgrad oder von evtl. Störungen von Fernwirkinformationen bzw. -linien) erforderlich ist, sind für Werte und Meldungen drei mögliche Eigenschaftsebenen festegelegt:
- Meldung bzw. Meßwert wird *automatisch* (fernwirktechnisch) erfaßt und in dieser Form dargeboten. Das ist der Regelfall.
- Meldung bzw. Wert liegt noch nicht, nicht mehr oder momentan falsch fernwirktechnisch erfaßt vor und ist *von Hand* nachzuführen.
- Meldung bzw. Wert ist im Informationsverarbeitungssystem deklariert, jedoch noch nicht bzw. nicht mehr im Prozeß existent. Meßwerte derartiger z. B. noch im Bau befindlicher Umspannwerke werden als *außer Betrieb* erklärt, sie besitzen dann keinen Zahlenwert. Bei Meldungen von Schaltgeräten kann zwischen den Außer-Betrieb-Formen „ausgebautes Schaltgerät“ oder „überbrücktes Schaltgerät“ unterschieden werden. Damit ist eine kurz- bis mittelfristige Vorausgenerierung des Informationsumfanges bei geplanten und bekannten Baumaßnahmen im Netz aber auch die Deklaration von Reservemeßwerten und -meldungen möglich.

Im Rahmen der ersten beiden Eigenschaftsebenen hat jeder Meß- bzw. Handeingabewert seinen eigentlichen Zahlenwert und jede Meldung ihren Zustand (Leistungsschalter Ein/Aus, Trenner geschlossen/geöffnet usw.).
Im Ergebnis der Verarbeitung automatisch erfaßter Informationen wird festgestellt,
- ob sich der Wert im normalen Betriebsbereich befindet, grenzwertverletzt oder unplausibel ist
- ob eine Meldung ihren Zustand geändert hat, wobei durch Anti-

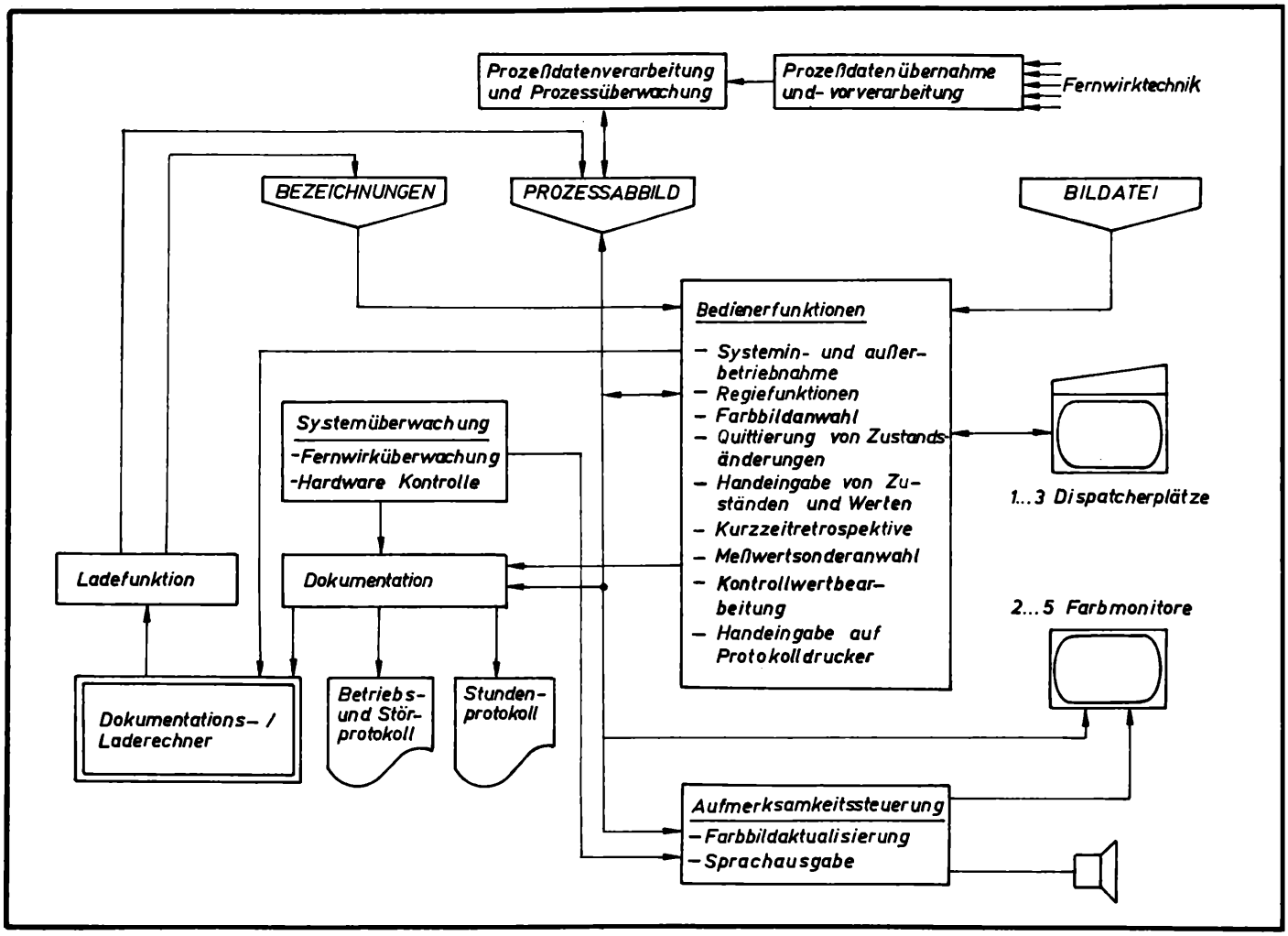


Bild 1. Anwenderprogrammsystem „Typlösung BLV" (Übersicht)

valenzkontrolle erfaßter Doppelmeldungen auch deren Plausibilität überwacht wird.

Jede der dabei erkannten Zustandsänderungen wird über das System der Aufmerksamkeitssteuerung akustisch und optisch gemeldet, wobei der Sprachausgabe als akustische Form die Funktion der Aufmerksamkeitserweckung infolge der Allgegenwärtigkeit im beschallten Raum zukommt, während über optische Mittel (Blinkinformationen) auf den Farbmonitoren die Hinführung zum Detail erfolgt.

Praktisch ist damit jeder Wert nur in Verbindung mit einem zugehörigen Kennungsbyte über Eigenschaft und Zustand existent. Jede Verarbeitung (Stromberechnung, Summation von Werten usw.) von Werten besitzt demgemäß einen algorithmischen Teil (entsprechend der Rechenvorschrift) und eine logische Verknüpfung der Eigenschaften der Ausgangsgrößen (entsprechend betriebstechnologischen Regeln).

In Bild 1 ist das Anwenderprogrammsystem überblicksmäßig in Form des Zusammenwirkens von zentralen Dateien, wesentlichen Programmfunktionen und peripheren Geräten dargestellt.

Zentrale Bedeutung besitzt dabei der Dateikompex PROZESSABBILD, in dem außer den aktuellen Meßwerten und Meldungen aus dem Prozeß auch die konkreten Dimensionierungs-, Prozeßüberwachungs- und Verarbeitungsparameter in Tabellenform enthalten sind.

Meßwert- und Meldungsdateien des PROZESSABBILD's sind das zentrale Quell- und Zielgebiet aller informationsaktualisierenden und informationsverarbeitenden Programme.

Der Dateikomplex BEZEICHNUNGEN enthält in gepackter Form alle Angaben zur eindeutigen Benennung der Meßwerte und Meldungen, wobei eine zeichenminimierte betriebsnahe Mnemonik gemäß der standardisierten Schaltkommandosprache verwendet wird.

Mit dem Dateikomplex BILDDATEI erfolgt die Zuweisung der prozeßbezogenen Variablen (Meldungen, Meßwerte, Rechenwerte) zu den entsprechenden Feldpositionen der Farbbilddarstellung.

Während die BILDDATEI – der Nutzertechnologie entsprechend – resident ist, sind PROZESSABBILD und BEZEICHNUNGEN ladefähig, wobei zwischen Erstladen bei Neustart des Systems und Nachladen zur Aktualisierung der Dateien (ohne Beeinträchtigung des aktuellen Melde- und Meßwertabbildes) unterschieden wird.

Die Dateikomplexe PROZESSABBILD und BEZEICHNUNGEN werden aus der Meßwert-/Meldeliste des Einsatzfalles durch ein dem Anwender übergebenes Generierprogramm nutzerfreundlich off-line erstellt bzw. aktualisiert und on-line geladen. Damit wird dem Grundsatz der Anwender entsprochen, betriebsvorbereitende Aufgaben technologisch von den betriebsdurchführenden (operativen) Aufgaben zu trennen.

Die Bedienerfunktionen können modular von ein bis drei Dispatchern gleichberechtigt wahrgenommen werden.

Auf dieses Konzept ist der Aufbau typisierter, problembezogener Bilddarstellungen abgestimmt.

Die Programmbearbeitung der mehrfach angeordneten Bedienebene kommuniziert unabhängig voneinander und von den Programmen zur Prozeßabbildaktualisierung und Farbbilddarstellung mit den oben genannten Dateien.

Gewünschte fest zugeordnete Doppelungen darzustellender Bilder auf zusätzlichen Monitoren sind über Hardwarelösungen möglich. Sie ergänzen sinnvoll und kostengünstig die Informationsdarbietung, ohne dafür Erweiterungen in Anwenderprogrammen in Anspruch zu nehmen.

2. Technologie des Betriebseinsatzes

Der serienmäßige Betriebseinsatz der verfahrenstechnologischen „Typlösung BLV" in den Bezirkslastverteilungen der DDR innerhalb eines Zeitraumes von zwei Jahren erforderte eine der Serienfertigung der Hardware angepaßte Technologie der serienmäßigen Erstellung und Inbetriebnahme der einsatzfallspezifischen Software in der unter Pkt. 1.2. genannten Komponentengliederung und Kompetenzabgrenzung.

Für die Erstellung der einsatzfallkonkreten Listen, Tabellen und graphischen Bilder durch den Anwender werden ihm „Methodische Hinweise" übergeben. Die Einbeziehung des späteren Nutzers in dieser Phase und Form sichert

- das Einfließen der aktuellen Prozeßkenntnis und der Erfordernisse der Betriebsführung
- einen verkürzten Bearbeitungszeitraum
- die Fähigkeit zur späteren Qualifizierung, Pflege und Aktualisierung dieser Angaben entsprechend der sich ändernden Netzverhältnisse oder Prozeßerkenntnisse und nicht zuletzt
- die frühzeitige Identifizierung mit der verfahrenstechnischen Lösung.

Die betriebstechnologische Beratung des Kunden ist in dieser Phase das Hauptarbeitsfeld des ZFT/Institut für Energieversorgung.

Alle einsatzspezifischen Parameter, die sich aus der betreffenden Rechnerkonfiguration und dem Informationsspektrum ergeben, sind in Referenzlisten zusammengefaßt, die gemeinsam mit den dadurch allgemeingültigen Programm- und Datenfiles jedes Rechners assembliert werden.

Nur wenige Prozeßspezifika erfordern separate algorithmische Lösungen, so daß der genannte hohe Wiederverwendungsanteil der Tasks erreicht wird.

Das Zusammenwirken der vom Anwender aufbereiteten Dateien mit der einsatzfallspezifischen Software des ZFT/Institut für Energieversorgung wird an einer ladefähigen Testanlage des ZFT/IEV erprobt und erst nach erwiesener prinzipieller Fehlerfreiheit für den Anwenderprobebetrieb freigegeben. Dadurch wird die Beeinträchtigung des laufenden Wartenbetriebes beim Anwender minimiert, und der Kunde hat die Möglichkeit, noch während des Ablaufes der Bearbeitung erkannte Verbesserungen, z. B. bei der Informationsdarstellung oder -benennung, einzubringen.

Nach gemeinsamer Abnahme der Anlage beim Hersteller im Ergebnis des Komplextests im Prüffeld und Montage beim Anwender hat sich ein dreistufiger Anwenderprobebetrieb bewährt:

- In der 1. Stufe des Anwenderprobebetriebes wird mit Hilfe des residenten Testsystems für die Doppelbuskopplung des MR-Systems seine ordnungsgemäße Funktion am Einsatzort, insbesondere unter dessen elektromagnetischen Bedingungen (Funk, Beleuchtung, ggf. Straßenbahn, UW-Erderplatte usw.), geprüft. Gleichzeitig sind auf mindestens einem Farbmonitor die vom Nutzer entwickelten graphischen Bilder dem Dispatcher statisch, d. h. ohne aktuelle Prozeßinformationen, zugänglich, so daß eine breitangelegte Prüfung der Bilder sowie das Einprägen der bildschirmbedingten Teildarstellung des gesamten zu steuernden Systems gesichert ist.
- In der 2. Stufe des Anwenderprobebetriebes wird das gesamte Anwenderprogrammsystem installiert, wobei der gleiche offline-Betrieb gefahren wird, wie beim Probebetrieb an der Testanlage des ZFT/IEV.
  Das heißt, an Stelle der Prozeßinformationen werden simulierte Prozeßdaten eingespeist, die aus den Parametern der vom Anwender erarbeiteten Dateien maschinell erstellt wurden.
  Dadurch entsteht keinesfalls ein prozeßidentischer Zustand, so daß sich die Abstützung einer Dispatcherentscheidung auf die dargestellten Informationen in dieser Phase von selbst verbietet, jedoch wird für jeden Wert ein fester Punkt innerhalb seines vorgegebenen Wertebereiches so simuliert, daß Vorgabefehler, z. B. Nichtübereinstimmung von Leistungs- und Stromgrenzen eines Betriebsmittels, leicht erkennbar sind.
  In dieser Phase ist das System – unter der Maßgabe simulierter Daten – voll bedienbar. Diese Stufe dient der arbeitsplatzbezogenen Schulung der Dispatcher, der Überprüfung jeder Meldung und jedes Meßwertes, der Algorithmen spezieller Informationsverarbeitungen bei gleichzeitiger Bedienübung durch den Dispatcher und der Beseitigung gegebenenfalls erkannter Fehler.
  Parallel dazu erfolgt die Anschaltung der Fernwirktechnik an den Übernahmerechner und die dazugehörige Prüfung auf Fehlerfreiheit der gesamten Nachrichtenkette vom Rückmeldekontakt bzw. Meßwandler im Umspannwerk bis zum Speicher des Fernwirkübernahmerechners.
- In der 3. Stufe des Anwenderprobebetriebes wird der endgültige Zustand installiert, d. h. der prozeßgekoppelte Zustand hergestellt und erprobt.

In einem prüftechnisch bestätigten 72-Stunden-Test wird abschließend die durchgängige Funktion der Software abnehmegerecht nachgewiesen.

3. Betriebserfahrungen

Unter Bedingungen ordnungsgemäßer Vorbereitung und guter Organisation der Probebetriebsdurchführung wurden für alle 3 Stufen des Anwenderprobebetriebes Zeiten von insgesamt 3 Monaten erreicht und unterboten.

Erfahrungsgemäß erfordern die Nacharbeiten auf Seiten der Prozeßdatenheranführung und -ankopplung im Probebetrieb den größten Aufwand, gefolgt von Änderungen in den einsatzfallspezifischen Dateien. Nachträgliche Programmanpassungen sind ein seltener Ausnahmefall.

Die Erfahrungen der bisher praktisch realisierten Einsatzfälle und der in Arbeit befindlichen letzten Bezirkslastverteilungen besagen, daß es die praktizierte funktionelle Aufteilung auf drei Betriebe dank eindeutiger Aufgabenabgrenzung mit klaren Schnittstellendefinitionen gestattet, daß jeder der Partner seine Spezialkenntnisse in das jeweilige Vorhaben einbringen kann. Ein Vergleich der erreichten technologischen Verwendbarkeit der Lösung mit gleichwertig gelagerten Vorhaben läßt eindeutig erkennen, daß die Heranführung des Kunden an neue Lösungen, die zur Umstellung gewohnter Praktiken in der Prozeßführung beitragen, sich letztlich als Element des technischen Fortschrittes bestätigen. Als Beispiel dazu können die Umstellung des Bezeichnungssystems, das Nichterfordernis von Leuchtbildern, die Umstellung akustischer Signalstation u. ä. genannt werden.

Dem Anwender wird empfohlen, sich durch eine geeignet gewählte Reserve in den Meßwert-/Meldelisten die kundeneigene Systemanpassung an kurz- und mittelfristige Veränderungen im zu steuernden Elektroenergiesystem zu sichern. Eine Nachrüstung durch den Entwickler/Softwarelieferer ist damit nur bei Erweiterungen der Gerätekonfiguration oder im Zeitraum von 3 bis 5 Jahren nötig. Hierbei wird durch einen ausgeprägten Laborprobebetrieb eine beim Anwender praktisch probebetriebslose Neuinstallation der Software im Minuten- bis Stundenbereich gesichert.

EA 6140

WIR BIETEN:

- diverse BMSR-Geräte,
- Netzgeräte,
- Relais, elektr. BE,
- Thermometer u. a.

Bitte Liste anfordern.

Leipziger Messeamt
PSF 720
Leipzig
7010

Maßnahmen zur Qualitätssicherung bei Leittechniksystemen SIS-BLV

D. Obenaus; G. Schmid; Dresden

Die Notwendigkeit einzelner Maßnahmen zur Qualitätssicherung ist stets aus dem Verhältnis von Aufwand zum Nutzen abzuleiten. Hierzu sind die Prüfkosten nach jedem technologischen Schritt bei der Fertigung den Schadenskosten gegenüberzustellen, die durch Fehlerverschleppung in die nächste Fertigungsstufe entstehen. Da diese Schadenskosten von der Fertigungsqualität, von der Materialqualität, aber auch vom Material- und Arbeitszeiteinsatz für den folgenden Fertigungsschritt abhängen, ist über die Notwendigkeit der Qualitätsprüfung am Ende einer Fertigungsstufe betriebswirtschaftlich differenziert zu entscheiden. Die Zuverlässigkeitsanforderungen des Betreibers bestimmen sowohl den Umfang der Endprüfungen, aber auch durch Zwischenprüfungen die Einhaltung der Fertigungstechnologie. Hierbei sind Maßnahmen der Wareneingangskontrolle, der Fertigungskontrolle, zur Voralterung, zum Baugruppen- und Anlagentest und zur Inbetriebnahmeprüfung zu koordinieren.

1. Wareneingangskontrolle

Als Wareneingang ist die Lieferung von Bauelementen und Baugruppen zu unterscheiden. Für Baugruppen, beispielsweise Tastaturen, Drucker, Monitore und Rechner-Baugruppen sind grundsätzlich Eingangskontrollen erforderlich. Entsprechend der Gerätespezifik erfolgt eine differenzierte Wareneingangskontrolle entsprechend den mit den Herstellern der Komponenten vereinbarten Garantiebedingungen.
Für Drucker werden Sichtkontrollen und die Selbsttestfunktion durchgeführt. Da zwischen den Zeitpunkten der Anlieferung und dem Beginn des Einzel- oder Komplextests der Anlage keine Überschreitung der Garantiefrist stattfindet, wird der Test der Druckerschnittstelle im Rahmen des Anlagentests erfolgen.
Die Wareneingangskontrolle für Monitore und Tastaturen beinhaltet ebenfalls die Sichtkontrolle und den Betrieb mit Bildmustergenerator oder Prüfrechner.
Da die Rechner-Baugruppen des Systems auf Grundlage einer Garantiepauschal-Vereinbarung übernommen werden, ergibt sich hierfür der größte Aufwand für den Wareneingangstest. Nach der Sichtkontrolle erfolgt eine Hochtemperaturlagerung mit anschließendem Funktionstest.
Beim größten Teil des verwendeten Bauelemente-Sortiments kann aus bisherigen Erfahrungen aufgrund des akzeptierten Qualitätspegels (AQL) und unter Beachtung des geringen Anteils von ein bis zwei Prozent Bauelementefehler an den Baugruppenfehlern auf den Wareneingangstest verzichtet werden. Auf die Anlagenzuverlässigkeit ergibt sich dadurch kein negativer Einfluß, da sämtliche Bauelementefehler beim dynamischen Test der Baugruppen erkannt werden.

2. Baugruppen-Prüfkonzept

Das Prüfkonzept wird von wirtschaftlichen Überlegungen bestimmt und ist demzufolge abhängig von der Fertigungsstückzahl und vom Komplexitätsgrad der Baugruppe. Bei der Grobkonzeption werden vier Gruppen unterschieden:

- Einfache Baugruppen mit geringer Stückzahl werden mit Handprüfmitteln, wie z. B. Prüfstiften, und einfachen baugruppenspezifischen Prüfmitteln getestet. Die Testauswertung und die Fehlerstatistik werden vom Prüfer manuell vorgenommen.
- Einfache Baugruppen mit hoher Stückzahl werden rechnergestützt über ein Prüfinterface geprüft. Die Anschluß- und Betriebsbedingungen für die jeweilige Baugruppe werden simuliert. Die Interfacekonfiguration, die Informationsein- und -ausgaben sowie die Fehlerprotokollierung erfolgen durch den Rechner. In geringem Umfang werden über die Rechnerperipherie Fehlersuchhinweise und Reparaturhinweise angeboten.
- Komplexe Baugruppen mit geringer Stückzahl werden mit jeweils für die Prüfung von einer oder mehreren Baugruppentypen konfigurierten Rechnern geprüft. Voraussetzung für diese Prüfung ist die zuvor nachzuweisende Fehlerfreiheit von Spannungszuführung und Businterface. Durch den Prüfrechner erfolgt auch die Protokollierung und die Fehlerstatistik. Durch das Prüfrechnersystem werden spezielle Hinweise zur weiteren Fehleridentifikation und zur Reparatur bereitgestellt. Da für die Reparatur Spezialwissen zur Baugruppenfunktion erforderlich ist, sollten Prüfung und Reparatur getrennt erfolgen.
- Komplexe Baugruppen mit hoher Stückzahl werden auf einem dynamischen Prüfrechnersystem getestet. Dadurch werden die Simulation der Anschlußparameter des Businterfaces sowie die Zuführung von weiteren Signalen über einen Nadelbettadapter gewährleistet. Die Signalfolgen für den Prüfling werden durch eine Wortgeneratoreinheit erzeugt. Die Auswertung der Reaktion des Prüflings erfolgt über ein Logikanalysesystem, das ebenfalls über den Nadelbettadapter an den Prüfling kontaktiert wird. Der Baugruppentest erfolgt teilweise im Schrittbetrieb. Durch einen Rechner werden die Reaktionsdaten des Prüflings anhand von gespeicherten Vergleichsdaten kontrolliert und im Fehlerfall protokolliert. Zur genaueren Fehlerlokalisation wird auf eine Verfeinerung der Prüfschritte übergegangen. Daraus werden durch das Testsystem Reparaturhinweise, beispielsweise für den Bauelementewechsel abgeleitet. Die Prüfung nach einer Reparatur wird auf einen speziellen Prüfsystem mittels Signaturanalyse durchgeführt, so daß nicht bei jedem Fehler ein Eingriff in die Prüfabläufe auf dem hochproduktiven dynamischen Prüfsystem erfolgen muß. Die ausführliche Protokollierung, die Fehlerstatistik sowie die gesamte Bedienführung wird durch das dynamische Prüfsystem realisiert.

3. Voralterung

Um die geforderte Verfügbarkeit des Systems während seiner Lebensdauer zu gewährleisten, werden die Baugruppen aus der Eigenfertigung einer Voralterung unterzogen. Diese Voralterung (burnin-test) erfolgt im dynamischen Betrieb mit Protokollierung im Fehlerfall. Die Verfügbarkeit der Baugruppe wird unter veränderlichen Umgebungsbedingungen und bei variabler Betriebsspannung nachgewiesen. Die Prüflinge sind dabei ausgelagerter Bestandteil eines unter normalen Umgebungsbedingungen arbeitenden Prüfrechners, wobei die Prüflinge in einem Klimaprüfschrank über Busverlängerung betrieben werden. Die Stromversorgung von Prüfling und Testrechner erfolgt getrennt. Für den Prüfling werden in drei Schritten die Speisespannungen $0{,}95 \cdot U_n$, U_n und $1{,}05 \cdot U_n$ nach einem vorgegebenen Zeitraster durchlaufen. Koordiniert hierzu ist das Zeitraster für die Temperaturbelastung im Bereich von +35 °C bis +70 °C. Dabei wird besonderer Wert auf möglichst große Temperaturgradienten innerhalb kurzer Zeitschritte am Prüfling gelegt.

4. Systemtest

Ausgehend von geprüften Baugruppen sind durch den Systemtest die Funktionszuverlässigkeiten der Leittechnik nachzuweisen. Dabei wird beim Test von Teilsystemen begonnen, so daß in folgenden fünf Schritten geprüft wird:

- Sichtprüfung der Baugruppen und der Einzelrechner hinsichtlich Programmierung bzw. Bestückung

Dipl.-Ing. *Dieter Obenaus* ist 1. Mitarbeiter Steuerung im Institut für Energetik Leipzig, Werkstoff-Technikum Dresden; Dipl.-Ing. *Günter Schmid* ist Gruppenleiter im Zentrum für Forschung und Technik des Institutes für Energieversorgung im Kombinat Verbundnetze Energie.

- Verdrahtungstest für den Einzelrechner
- Test der Stromversorgungen
- Testlauf des Einzelrechners mit Testsoftware
- Test des Leittechniksystems mit Testprogrammen und Simulation der Schnittstellen zum Prozeß.

Hierbei wird durch die nochmalige Sichtprüfung der Baugruppen im Rechnerprüffeld erreicht, daß eine eventuelle Fehlersuchzeit während der dynamischen Testläufe des Systems wesentlich verringert wird. Die Verdrahtungsprüfung wird mit einem rechnergestützten Prüfautomaten durchgeführt. Nach erfolgreichem Test der Stromversorgung sind Fehler im Einzeltest meistens nur durch Kontaktprobleme verursacht und relativ schnell zu beseitigen, da durch die Testprogramme die Fehlerprotokollierung gesichert ist. Wesentlicher Inhalt der Testprogramme sind auch Testroutinen für Speicher und Schnittstellen.

Im Komplextest werden systeminterne Schnittstellen, die Prozeßschnittstellen, die Kommunikationsebene sowie der Ausfall von Systemkomponenten entsprechend des Redundanzkonzepts geprüft. Hierzu werden die systeminternen Diagnosemittel genutzt, wobei die Systemstruktur zu berücksichtigen ist. Die einzelnen Mikrorechner sind durch einen seriellen Doppelbus miteinander verbunden, deren Verwaltung vom netzfähigen Betriebssystem erfolgt. Die Datenübertragung wird nach dem Master-Slave-Prinzip realisiert. Durch die gewählte Busbenutzungsstrategie ist das Betriebssystem in der Lage, den Datenfluß zwischen den Rechnern über generierbare Vorzugsverbindungen zu realisieren. Bei Störung infolge Überlastung oder Ausfall dieser Routinen wird automatisch auf den anderen Bus umgeschaltet. Das System versucht, den aufgetretenen Ausfall durch mehrmalige Connect-Versuche selbst zu beheben. Ist dies nicht erfolgreich, wird eine Fehlermeldung an die Nutzerebene generiert, wo demzufolge Maßnahmen zur Sicherung der Datenübertragung eingeleitet werden. Im einfachsten Fall sind das zeitbegrenzte Wiederholungen bestimmter Übertragungsanweisungen.

Über die Funktionszuverlässigkeit der Datenübertragung wird während des Betriebes in jedem Rechner, speziell in den Mastern, eine umfangreiche und detaillierte Statistik geführt. Diese Statistik ist auf Nutzerebene auswertbar. Werden schlechte Übertragungsparameter erfaßt, wird der Anlagenbetreiber informiert und durch das System zum Austausch der betreffenden fehlerbehafteten Baugruppe aufgefordert.

Alle anderen Schnittstellen des Mikrorechnersystems werden vom Anwenderprogrammsystem verwaltet und überwacht. Auch hierbei wird ein erkannter Fehler an den Betreiber gemeldet, demzufolge Maßnahmen, wie der Austausch von Peripheriegeräten oder von defekten Anschlußsteuerungen, einzuleiten sind.

5. Inbetriebnahmeprüfung

Zur Inbetriebnahme der Hardware des Rechnersystems beim Betreiber erfolgen die Arbeiten in drei Schritten:
- Aufstellung und elektrischer Anschluß der Anlage
- Einzeltest der Mikrorechner und
- Test aller Rechner im Verbund.

Nach Abschluß der Vorarbeiten durch den Betreiber erfolgt die Aufstellung der Anlage entsprechend dem Projekt. Der elektrische Anschluß wird vom Betreiber realisiert und geprüft. Die Einzelteste werden durch den Hersteller vorgenommen. Dazu werden die Rechner mit Hilfe der Servicebaugruppen bei Nutzung von Tastatur und Monitor geprüft. Außer dem in jedem Rechner implementierten Monitorprogramm kann bei auftretenden Fehlern das Programmpaket „Baugruppentest" genutzt werden.

Nach erfolgreichen Einzeltest der Mikrorechner werden diese durch den seriellen Doppelbus miteinander verbunden. In dieser Phase wird vor allem die Funktion der Datenübertragung zwischen den Rechnern mit Hilfe eines residenten Testprogrammes überprüft. Danach werden alle anderen Schnittstellen des Mikrorechnersystems und die Sprachausgabe getestet. Da diese Prüfungen für die erfolgreiche Implementation des Anwenderprogrammsystems erforderlich sind, werden sie vom Hersteller durchgeführt.

7. Servicekonzept

Für den Service der Anlagen SIS-BLV ist eine entsprechende Service-Abteilung beim Hersteller eingerichtet. Zusätzlich wird während der Inbetriebnahmeprüfung ein Wartungsingenieur des Betreibers eingearbeitet.

Auf Grund der hohen Anforderungen an die Verfügbarkeit der Anlagen existiert zur Zeit folgendes Konzept für den Fehlerfall:
- Die Kopplung der Einzelrechner des Systems erfolgt über galvanisch getrennte Schnittstellen.
- Durch die Anlage werden Redundanzfunktionen bereitgestellt, die einen funktionell eingeschränkten Betrieb über einen gewissen Zeitraum im Falle von Fehlern an Einzelrechnern erlauben.
- Im Bereich jeder Anlage existiert ein Serviceingenieur des Betreibers, der auf den beim Betreiber vorhandenen Ersatzteilstock an Baugruppen zugreifen kann (Reparatur durch Baugruppentausch).
- Die defekte Baugruppe wird vom Servicepersonal des Betreibers an den Fertiger der Anlage zurückgesandt. Dafür erhält der Anlagenbetreiber eine neue Baugruppe des gleichen bzw. eines Ersatztyps.
- Die Baugruppe wird durch das Personal des Anlagenfertigers repariert oder entsprechend bestehender Vereinbarungen an den Fertiger der Baugruppe zum Zweck der Reparatur gesandt.
- Bei Fehlern, die das Servicepersonal des Anlagenbetreibers selbst nicht beheben kann, steht das Servicepersonal des Anlagenfertigers für die Reparatur bereit.

Um im Fehlerfall die Fehlersuchzeit oder den Einsatz von fehlerhaften Baugruppen oder für den Einsatz falsch programmierter Baugruppen zu vermeiden, sind Prüfprogramme für den On-line-Auswerterechner jeder Anlage geplant. Diese Programme sollen die Überprüfung der Richtigkeit der Programmierung, der Bestückung und das Finden von groben Fehlern (durch Transport) an Ersatzbaugruppen vor dem Einsatz in der Anlage gestatten. Diese Prüffunktionen bieten ebenfalls eine Unterstützung im Falle von Änderungen im Funktionsumfang der Anlage.

8. Betriebserfahrungen

Seit der Inbetriebnahme der Anlage beim Erstanwender in Chemnitz und der Installation der ersten industriell gefertigten Anlage in Neubrandenburg wurde kontinuierlich alle 3 bis 4 Monate eine Anlage in Betrieb genommen.

Die ersten Betriebserfahrungen zeigen, daß infolge des Qualitätssicherungskonzepts die Systeme stabil arbeiten. Aufgetretene Störungen wurden durch das System identifiziert und konnten durch das Wartungspersonal selbst kurzfristig durch Baugruppentausch behoben werden.

EA 6176

SPS/PC '90

1. Internationale Fachmesse und Kongreß für speicherprogrammierbare Steuerungen und Industrie-PC's

Zeit: 4. bis 6. September 1990
Ort: Sindelfingen

Veranstalter: MESAGO
Messe & Kongreß GmbH, Stuttgart
Postfach 103261
D-7000 Stuttgart
Telefon (0711) 61946-0

Die Redaktion EK 4282

VDE-Kongreß '90

Zeit: 8 bis 10. Oktober 1990
Ort: Essen

Anfragen
VDE-Pressestelle
Stresemannallee 15
D-6000 Frankfurt a. M. 70

Die Redaktion

Störfestigkeit der Eingangskreise für Meldungen bei unterschiedlichen Nennspannungen

H. Bauer; G. Langer; M. Kolpe; Dresden

Mit dem Übergang zu einer Leittechnik auf Mikrorechnerbasis kann der Energieinhalt von Meldungen reduziert werden, da logische Verknüpfungen nicht über Relaisschaltungen (bis 2 W), sondern durch Algorithmen im Mikrorechner realisiert werden. Demzufolge wird eine Reduzierung der Meldespannung in der Schaltanlage möglich. An die Zuverlässigkeit der Meldesignale werden zum Teil hohe Anforderungen gestellt, beispielsweise für Schalterstellungsmeldungen, die im Rahmen des Schaltfehlerschutzes verarbeitet werden. Bei der Reduzierung der Meldespannung von 220 oder 60 V auf 24 V wird die Zuverlässigkeit durch zwei Probleme beeinflußt:

1. Gewährleistung einer zuverlässigen Kontaktgabe
2. Beherrschung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV).

Das zweite Problem führt ausgehend von den Grundschaltungen der Meldeeingänge über die Analyse der Beeinflussungsarten und -wirkungen zu einem Vergleich der Störfestigkeiten bei unterschiedlichen Meldespannungen.

1. Grundschaltungen der Meldeeingänge

In einer Schaltanlage wird der überwiegende Teil der Meldungen bei Änderung einer Schaltgerätestellung oder bei Überschreitung eines Schwellwertes durch Kontakte generiert (Bild 1). Für die Meldungserfassung ergeben sich drei Mindestanforderungen:

- Die Schaltschwelle u_{sch} ist so zu dimensionieren, daß unter Berücksichtigung des Toleranzbereiches der Batteriespannung ein zuverlässiges Umschalten erfolgt. Andererseits sollte die Schaltschwelle hoch sein, um Störspannungen auszublenden.
- Der Kontaktbelastungsstrom i_b ist so hoch zu bemessen, daß eine zuverlässige Kontaktgabe erfolgt. Andererseits wird durch eine Verringerung die umgesetzte Leistung reduziert.
- Die Meldungserfassung muß elektromagnetisch verträglich sein. In einem ersten Schritt wird das durch ein Tiefpaßverhalten (TP) bei der Meldungserfassung erreicht. Bei 24-V-Meldesystemen wirkt die für jedes Schaltfeld getrennte Stromversorgung als Abriegelung (EMV-Barriere).

Bei Auswahl einer leicht überschaubaren Grundschaltung (Bild 2) lassen sich Schaltungen für 24 V oder 220 V Meldespannung dimensionieren (Bild 2a bzw. b). Für die Meldungserfassung bei 220 V kann auch die 24-V-Meldestufe mit Vorwiderstand R_v (Bild 2c) verwendet werden. Da die beiden ersten Mindestanforderungen bereits mit dieser Dimensionierung erfüllt werden können, konzentrieren sich die folgenden Überlegungen auf die Beherrschung der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV).

2. Systematisierung der Beeinflussungsarten

2.1. Gleichtakt- und Gegentaktbeeinflussung

Die galvanische Trennung der Elektronik vom Prozeß ist eine Mindestforderung zur EMV. Über parasitäre Koppelkapazitäten C_p werden Ströme i_{st} in die elektronische Schaltung eingekoppelt (Bild 3). Durch diese Gleichtaktbeeinflussungen entstehen innere Störspannungen Δu über dem Induktivitätsbelag von Masseleitungen [1], die zu Funktionsfehlern in allen Schaltungsbereichen füh-

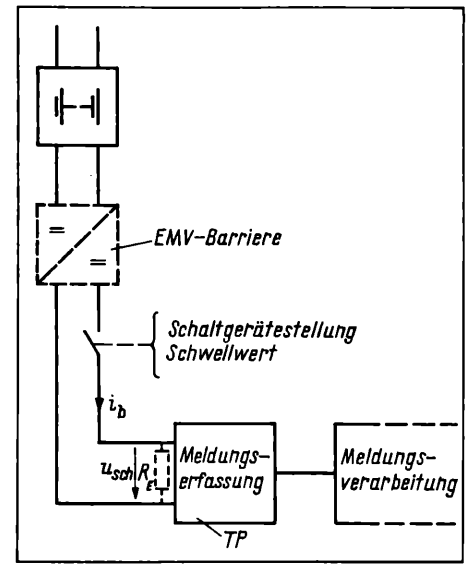


Bild 1. Grundanordnung zur Generierung und Erfassung von Meldungen
i_b Kontaktbelastungsstrom
u_{sch} Schaltschwellenspannung
TP Tiefpaßverhalten
R_E Wirksamer Eingangswiderstand

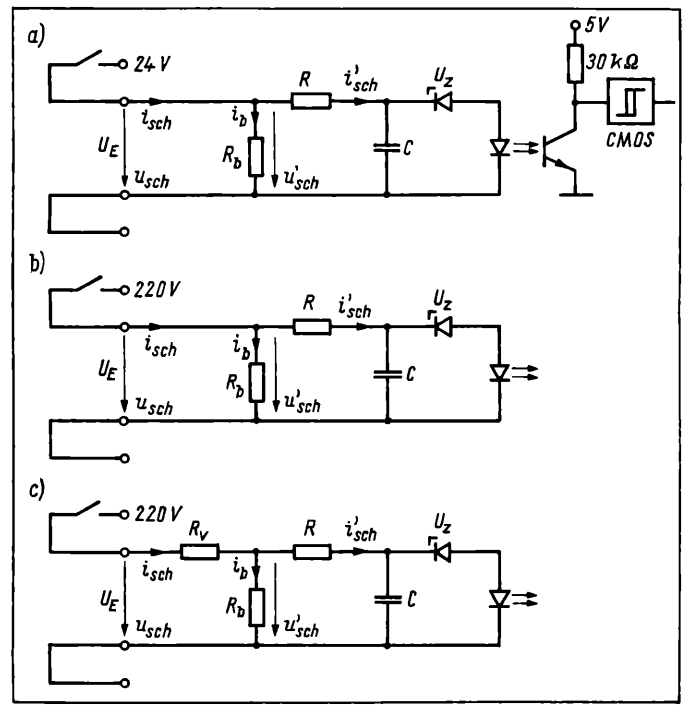


Bild 2. Grundschaltungen für die Meldungserfassung
a) 24-V-Eingangsstufe; b) 220-V-Eingangsstufe; c) 220-V-Eingangsstufe als Erweiterung einer 24-V-Stufe
i_b Kontaktbelastungsstrom; i_{sch} Schaltschwellenstrom; u_E Eingangsspannung; u_{sch} Schaltschwellenspannung; mit i, u am Schaltungseingang und i', u' im Schaltungsinneren

Tafel 1. Bemessungswerte für die Schaltungen nach Bild 2

Größe	Bild 2a	Bild 2b	Bild 2c
C/nF	10...100	10...100	10...100
i_b/mA	5	5	5
i_{sch}/mA	3	3	3
i'_{sch}/mA	0,2	0,5	0,2
R/kΩ	30	270	30
R_b/kΩ	5	45	5
R_v/kΩ	–	–	40
U_E/V	24	220	220
u_{sch}/V	15	138	138
u'_{sch}/V	15	138	15
U_z/V	8	8	8

Dr.-Ing. *Hartmut Bauer* ist Hochschuldozent an der TU Dresden, Sektion Elektrotechnik, Lehrstuhl Elektroenergieanlagen, Dipl.-Ing. *Gunter Langer* und Dipl.-Ing. *Matthias Kolpe* sind Entwicklungsingenieure im Geschäftsbereich Leittechnik der Starkstromanlagen Dresden GmbH.

ren können. Die Gleichtaktbeeinflussungen sind invariant gegenüber der Meldespannung, aber von der technologisch-konstruktiven Ausführung des Schaltungsaufbaus und der Leitungsführung abhängig. Funktionsfehler werden durch Schutzbeschaltungen sowie durch Fehlererkennungs- und Fehlertoleranzprinzipien vermieden [1] [2].

Gegentaktbeeinflussungen können nicht zu Funktionsfehlern in beliebigen Schaltungsbereichen führen. Die Gegentaktstörgröße wird über parasitäre Koppelkapazitäten C_p in den Eingangskreis einer Meldungserfassung eingekoppelt (Bild 4) und kann einen Meldungsfehler verursachen. Dabei wird eine in der Erdungsanlage primär entstandene Störspannung u_{st} Höhe und Verlauf der Gegentaktstörgröße bestimmen. Die Höhe dieser Störspannung ist davon abhängig, ob die Störspannung in der gesamten Schaltanlage oder nur im betreffenden Schaltfeld abgegriffen wird. Längsspannungen über der Erdungsanlage der gesamten Schaltanlage werden dann eingekoppelt, wenn bei 220 V Meldespannung das gesamte Gleichspannungs-Versorgungskabel als Auskoppelkapazität C_{p2} wirkt (Bild 4a). Wirkt ein zweiter Meldekreis als Auskoppelkapazität, werden nur Störspannungen über der Erdungsanlage des Schaltfeldes abgegriffen (Bild 4b). Bei Erzeugung einer 24-V-Meldespannung aus der 220-V-Gleichspannungsversorgung separat in jedem Schaltfeld werden ebenfalls nur Störspannungen innerhalb eines Schaltfeldes eingekoppelt, wenn durch konstruktive Maßnahmen im Schaltnetzteil die parasitären Kapazitäten C_S zwischen den beiden Gleichstromkreisen klein gehalten werden (Bild 5).

2.2 Induktive und kapazitive Beeinflussung

Die Gegentaktstörgrößen werden induktiv oder kapazitiv in die Eingangskreise der Meldungserfassung eingekoppelt (Bild 6). Verursacht von einem zeitlich veränderlichen Störstrom in der Erdungsanlage wird über das Magnetfeld (Gegeninduktivität M) eine Störspannung in dem Eingangskreis induziert. Bei geschlossenem Kontakt kann diese Störspannung zum Meldungsfehler F führen. Da die Größe der induzierten Störspannung auch von der Fläche A abhängig ist, sind in den Sekundärkreisen Schleifenbildungen zu vermeiden. Beispielsweise sind Hin- und Rückleiter stets im gleichen Kabel zu führen. Bei der kapazitiven Beeinflussung wirken parasitäre Koppelkapazitäten C_p (Bild 6) hauptsächlich von Melde- und Steuerkabeln (Bild 4). Deren Länge l bestimmt die Höhe des eingekoppelten Störstromes ($C_p/l \approx 50$ pF/m). Bei geschlossenem Kontakt werden die kapazitiv eingekoppelten Störspannungen kurzgeschlossen.

2.3. Brumm- und Impulsstörspannungen

Da die Größe der inneren Gegentaktstörspannungen vom zeitlichen Verlauf der primären Störgröße abhängig ist, soll zwischen Brumm- und Impulsspannungen unterschieden werden. Beide Spannungsformen können in den Erdungs- oder Bezugsleitersystemen vorkommen. Brummspannungen werden durch Betriebs- und Kurzschlußströme oder -spannungen verursacht. Infolge ihrer geringen Frequenz ist die Einkopplung der Brummspannungen geringer, jedoch kann ihre Wirkdauer groß sein. Impulsstörspannungen entstehen bei Schaltvorgängen in Primär- oder Sekundärkreisen oder bei Blitzein- und Isolationsüberschlägen. Infolge ihrer großen Steilheit ergibt sich eine starke Einkopplung von kurzer Dauer. Außer der galvanischen Trennung werden bei der Meldungserfassung im allgemeinen zwei weitere grundsätzliche Maßnahmen realisiert:

- Die Meldungen werden aus der Abtastung der aktuellen Zustände gewonnen, da eine Triggerung durch Zustandsübergänge grundsätzlich störanfälliger ist.
- Wird bei einer Abtastung ein Zustandsübergang registriert, wird dieser Zustandsübergang im Meldesignal erst nach Bestätigung des neuen Zustandes über mehrere Abtastungen gültig gegeben (Entprellung durch Software).

Beide Maßnahmen wirken unterschiedlich auf Brumm- und Impulsstörspannungen (Bild 7). Während Impulsspannungen durch das softwaremäßige Entprellen ausgeblendet werden (Bild 7b), sind diese Maßnahmen gegenüber Brummspannungen erfolglos

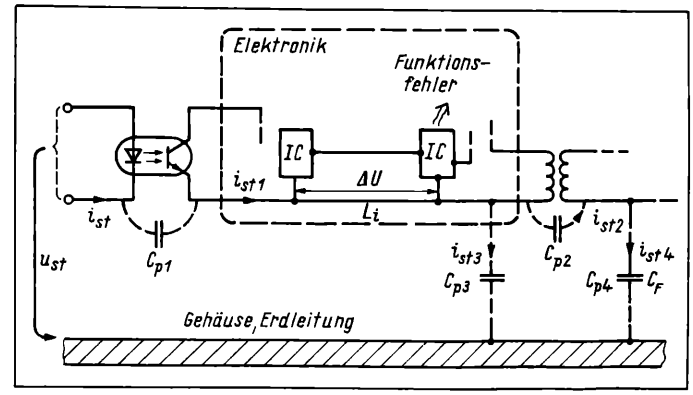


Bild 3. Modell zur Gleichtaktbeeinflussung einer elektronischen Schaltung
C_F Filterkapazität; C_p parasitäre Kapazität; IC Schaltkreis; i_{st} Störstrom; L_i Induktivität der Elektronik-Masseleitung

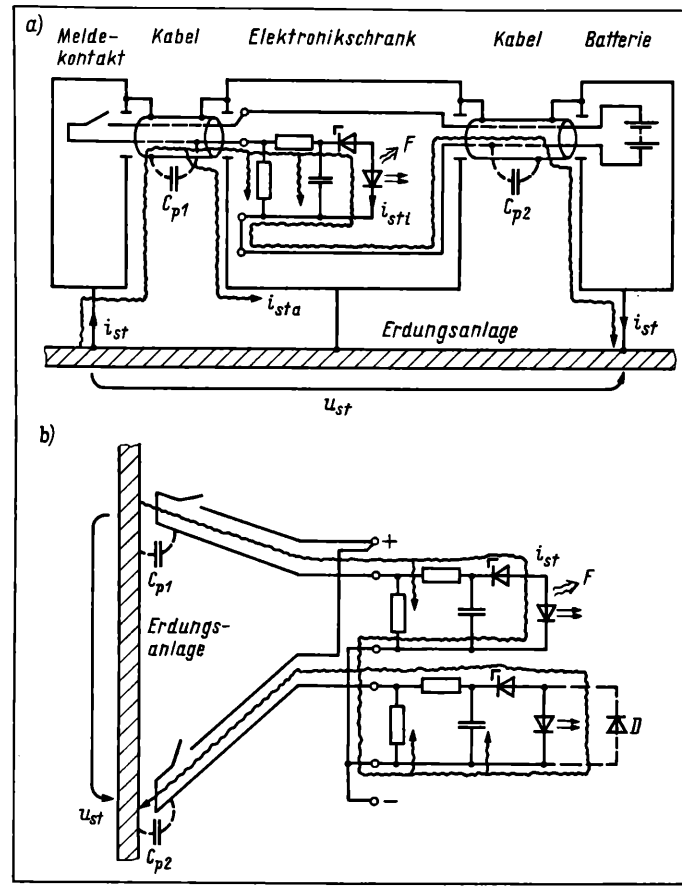
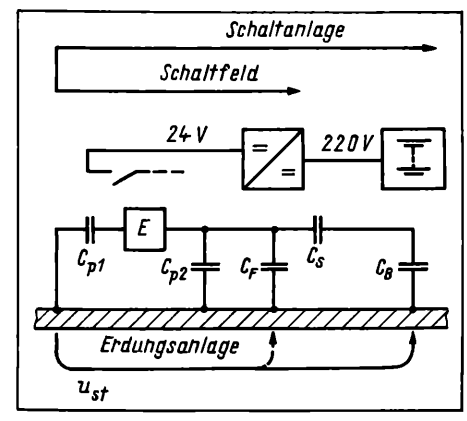


Bild 4. Modelle zur Gegentaktbeeinflussung eines Meldeeingangskreises
a) Störstromkreis über Gleichspannungsversorgung
b) Störstromkreis über zweiten Meldeeingangskreis
C_p parasitäre Kapazitäten; D Schutzdiode; F Meldungsfehler; i_{st} Störstrom; i_{sta} äußerer Störstrom; i_{sti} innerer Störstrom; u_{st} Störspannung

Bild 5. Ersatzschaltung der Koppelkapazitäten bei der separaten 24-V-Versorgung in jedem Schaltfeld
C_B parasitäre Kapazität von Batterie und Kabel der 220-V-Versorgung
C_F Filterkapazität
C_p parasitäre Kapazitäten der Meldekabel
C_S parasitäre Kapazität im Schaltnetzteil
E Eingangskreis einer Meldungserfassung



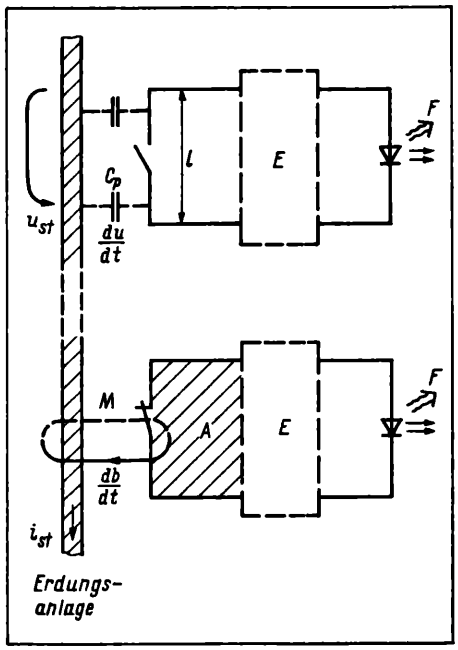


Bild 6. Grundanordnung für die kapazitive und induktive Störbeeinflussung
E Eingangskreis einer Meldungserfassung
F Meldungsfehler

(Bild 7c). Hinzu kommt, daß Impulsstörspannungen zu Zeitverzögerungen bei der Abbildung eines Zustandsüberganges führen können, wenn der Störimpuls am Ende der Entprelldauer auftritt (Bild 7b). Demzufolge sind weitere Verbesserungen zur EMV notwendig. Das wird erreicht durch die Dimensionierung eines Hochpasses gegen Brummspannungen und zusätzlich eines Tiefpasses gegen Impulsstörspannungen.

3. Berechnung der kapazitiven Gegentakt-Störbeeinflussung

3.1. Ersatzschaltung

Ausgehend von den Modellen der kapazitiven Gegentakt-Störspannungseinkopplung (Bild 4) ergibt sich bei Einbeziehung des Hoch- und Tiefpasses eine prinzipielle Schaltungsanordnung (Bild 8a). In Anlehnung an übliche Eingangsstufen (Bild 2) erhält man daraus eine Ersatzschaltung (Bild 8b). Das erforderliche Dämpfungsverhalten gegenüber Störspannungen (Bild 8c) wird durch die Dimensionierung der Schaltung erreicht.
Die Kapazität C des Tiefpasses kann eine Verlängerung der Impulsdauer (Spannung u_2) bei großen Störimpulsen ergeben (Bild 8d). Das könnte eine Störimpulsübertragung über den Optokoppler bewirken, obwohl der ursprüngliche Störimpuls u_1 durch das Tiefpaßverhalten des Optokopplers ausgeblendet würde. Daraus läßt sich die Zweckmäßigkeit einer Störspannungsbegrenzung *SB* vor dem Tiefpaß ableiten. Dabei ist die Eigenkapazität dieses Spannungsbegrenzungs-Bauelementes (Varistor, Diode) zu berücksichtigen. Deren Eigenkapazitäten können bereits ein integrierendes Verhalten entsprechend dem der Kapazität C bewirken, demzufolge bereits der Übergang von u_1 auf die obere Kurve von u_2 erfolgt (Bild 8d) und somit die beabsichtigte Wirkung der Spannungsbegrenzung nicht erreicht wird. Demzufolge erweist sich ein dem Optokoppler nachgeschalteter Tiefpaß als vorteilhafter, da in diesem Falle der Optokoppler eine nahezu ideale Spannungsbegrenzung bewirkt.
Die Koppelkapazitäten C_k lassen sich aus den parasitären Koppelkapazitäten entsprechend dem Einkopplungsmodell bestimmen. Beispielsweise erhält man für das Modell der Gleichtaktbeeinflussung (Bild 3) für elektrisch kurze Leitungen

$$C_k = \frac{C_{p3} + C_{p4} + \frac{C_{p3}\,C_{p4}}{C_{p2}}}{1 + \frac{C_{p4}}{C_{p2}} + \frac{C_{p3} + C_{p4}}{C_{p1}} + \frac{C_{p3}\,C_{p4}}{C_{p1}\,C_{p2}}} \tag{1}$$

oder für die Modelle der Gegentaktbeeinflussung (Bild 4)

$$C_k = \frac{C_{p1}\,C_{p2}}{C_{p1} + C_{p2}} \tag{2}$$

Bei 220-V-Meldekreisen wird die Auskoppelkapazität (Bild 4a) im wesentlichen von der Kabel- und Batteriekapazität C_B der 220-V-Gleichspannungsversorgung bestimmt, was eine Koppelkapazität

$$C_k = \frac{C_{p1}\,C_B}{C_{p1} + C_B} \approx C_{p1} \qquad \text{für } C_B \gg C_{p1} \tag{3}$$

ergibt. Bei einer separaten 24-V-Gleichspannungsversorgung in jedem Schaltfeld (Bild 5), erhält man die Koppelkapazität zu

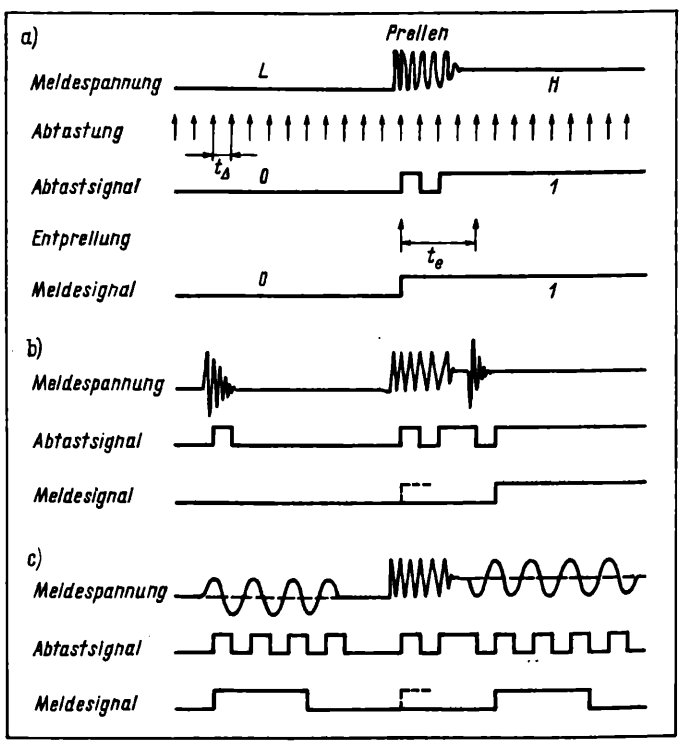
$$C_k = C_{p1}\,\frac{(C_{p2} + C_F)(C_B + C_S) + C_B\,C_S}{(C_{p1} + C_{p2} + C_F)(C_B + C_S) + C_B\,C_S} \tag{4}$$

Vergleicht man die Größe dieser Koppelkapazität mit der für die 220-V-Spannung nach Gl. (3) für den Fall, daß durch konstruktive Maßnahmen eine sehr kleine parasitäre Kapazität C_S im Schaltnetzteil wirkt ($C_S \ll C_B$), so erhält man das Verhältnis

$$\gamma_C = \frac{C_{k24}}{C_{k220}} \approx \frac{1}{1 + \frac{C_{p1}}{C_{p2} + C_F + C_S}} \tag{5}$$

Daraus folgt, daß die wirksame Koppelkapazität durch diese Maßnahme nicht wesentlich reduziert werden kann. Jedoch werden bei der 24-V-Versorgung Störspannungen nur über der Erdungsanlage des betreffenden Schaltfeldes abgegriffen (Bild 5).

Bild 7. Zur Wirkung von Abtastung und Entprellung gegen die Störbeeinflussung von Meldesignalen
a) Störfreier Meldesignalverlauf für einen Zustandübergang mit Störanteilen im Meldespannungsverlauf
b) Meldesignalverlauf für Meldespannung mit überlagerten Impulsstörspannungen
c) Meldesignalverlauf für Meldespannung mit überlagerten Brummspannungen
H High Potential; *L* Low-Potential; t_e Entprelldauer



3.2. Störeinkopplung bei Brummspannungen

Gegenüber Brummspannungen wirkt der Hochpaß als Spannungsteiler. Für die 24-V-Ersatzschaltung (Bild 8b, ohne R_v) wird

$$U_E' \approx \omega C_k R_b \cdot U_{st} = \frac{1}{\alpha} U_{st} \qquad \text{für } \frac{1}{\omega C_k} \gg R_b, \tag{6}$$

wobei $\omega = 314\ \mathrm{s}^{-1}$ und $C_k \approx C_{p1} = lC_{p1}'$ *mit* $C_{p1}' \approx 50$ pF/m gilt. Mit $R_b = 5\ \mathrm{k\Omega}$ (Bild 2 und Tafel 1) erhält man das Teilerverhältnis für die Störeinkopplung über ein 50 m langes Kabel mit $\alpha \approx 250$.

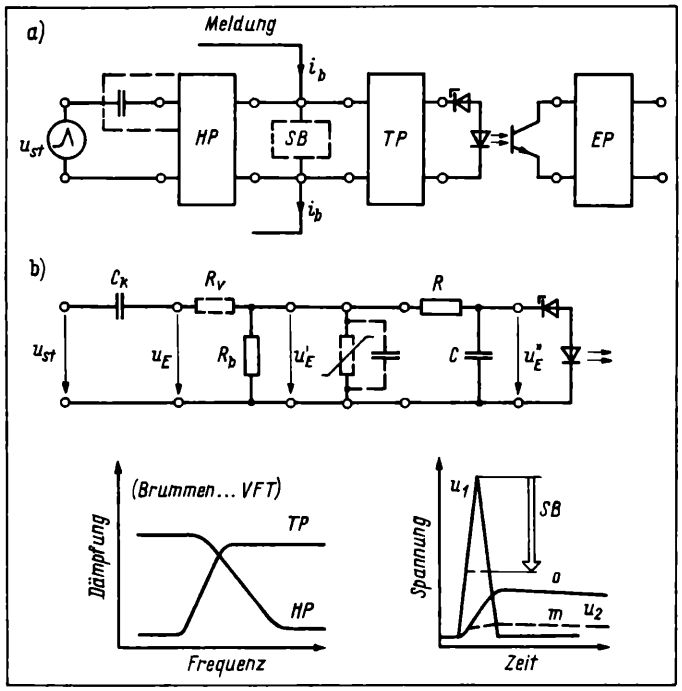


Bild 8. Ersatzschaltung für die kapazitive Gegentakt-Störeinkopplung
a) Prinzip der Zusammenschaltung von Hochpaß *HP*, Tiefpaß *TP* und Spannungsbegrenzung *SB* zur Unterdrückung der Störspannung u_{st}
b) Ersatzschaltbild zu a)
c) Dämpfungsverhalten der Schaltung
d) Zur Wirkung der Spannungsbegrenzung (*SB*) vor dem Tiefpaß auf die Impulsverlängerung der Kapazität *C*
EP Abtastung und Entprellung
m Spannungsverlauf mit *SB*
o Spannungsverlauf ohne *SB*
R_v Vorwiderstand für 220-V-Meldestufe
u_1 über C_k eingekoppelter Störspannungsimpuls
u_2 über *C* integrierter Störspannungsimpuls
VFT Steile Störspannungsimpulse (very fast transients)

Bei einer Schaltschwelle $U'_{sch} = 13$ V (Tafel 1, Bild 2) können erst Störspannungen

$$\hat{U}_{st} > \alpha U'_{sch} \text{ mit } \alpha = 1 + \frac{1}{\omega C_k R_b} \approx \frac{1}{\omega C_k R_b}, \tag{7}$$

entsprechend $U'_E > U'_{sch}$, also Brummspannungen über 3,75 kV zu Meldungsfehlern führen. Da der Tiefpaß auf die Abtastrate abgestimmt und somit bei einer Abtastrate von 10 ms für Signale größer 1 ms durchlässig ist, kann die Brummspannung den Tiefpaß ungedämpft passieren.

3.3. Störeinkopplung bei Impulsspannungen

Störspannungsimpulse der Höhe $\hat{u}_{st}$ und der Dauer t_{st} passieren nahezu ungedämpft den Hochpaß (Bild 8), wenn für dessen Zeitkonstante

$$\tau_H = R_b C_k \gg t_{st} \tag{8}$$

gilt. Anderenfalls wird ein Störspannungsimpuls $u_{st}(t)$ mit dem idealisierten Rechteckverlauf (Bild 9)

$$u_{st}(t) = \begin{cases} 0 & \text{für } t < 0 \text{ und } t > t_{st} \\ \hat{U}_{st} & \text{für } 0 \leqq t \leqq t_{st} \end{cases} \tag{9}$$

am Ausgang des Hochpasses den Spannungsverlauf

$$u'_E(t) = \hat{U}_{st}\ e^{-t/\tau_H} \tag{10}$$

ergeben, woraus v iederum ein idealisierter Rechteckimpuls der Dauer τ_H bei unveränderter Spannung $\hat{U}_{st}$ entsprechend der Fläche (Bild 9)

$$\hat{U}_{st}\tau_H = \int_0^\infty u'_E(t)\, dt \tag{11}$$

gebildet werden kann.

Der angeschlossene Tiefpaß mit der Zeitkonstante

$$\tau_T = RC \gg \tau_H \tag{12}$$

liefert über der Kapazität *C* einen Spannungsverlauf

$$u_c(t) = u''_E(t) = \hat{U}'_E(1 - e^{t/\tau_T}) \approx \hat{U}_{st}(1 - e^{-t/\tau_T}) \tag{13}$$

Für Zeiten $t \ll \tau_T$ ergibt sich ein linearer Spannungsanstieg entsprechend der ersten Näherung der Potenzreihe

$$u''_E(t) \approx \hat{U}_{st}\frac{t}{\tau_T} \text{ für } t \ll \tau_T. \tag{14}$$

Da die Kapazität *C* nur weiter geladen wird, wenn $u'_E(t) > u''_E(t)$ gilt, kann unter Beachtung von Gl. (11) die maximale Spannung am Ausgang des Tiefpasses mit

$$\hat{U}''_E \approx \begin{cases} \hat{U}_{st}\dfrac{\tau_H}{\tau_T} & \text{für } t_{st} > \tau_H \\ \hat{U}_{st}\dfrac{t_{st}}{\tau_T} & \text{für } t_{st} < \tau_H \end{cases} \tag{15}$$

abgeschätzt werden (Bild 9). Aus dieser Gleichung kann die Störspannung berechnet werden, die zu Meldungsfehlern ($U''_E > U_{sch}$) führt.

$$\hat{U}_{st} > \begin{cases} U''_{sch}\dfrac{\tau_T}{\tau_H} & \text{für } t_{st} > \tau_H \\ U''_{sch}\dfrac{\tau_T}{\tau_{st}} & \text{für } t_{st} < \tau_H \end{cases} \tag{16}$$

Beispielsweise erhält man für eine 24-V-Meldestufe (Bild 2, Tafel 1) $\tau_H = 12{,}5\ \mu$s und bei $C = 50$ nF mit $\tau_T = 1{,}5$ ms ein Zeitkonstantenverhältnis von 120 und somit für eine Schaltschwelle $U''_{sch} = 15$ V die Störschwelle $\hat{U}_{st} > 1{,}8$ kV für eine Störimpulsspannung.

4. Störfestigkeitsvergleich

4.1. Störschwelle bei Brummspannungen

Für die 220-V-Ersatzschaltung (Bild 8b, mit R_v) erhält man bei Brummspannungen im Vergleich zu Gl. (6)

$$U_E = \frac{R_v + R_b}{R_v + R_b + \dfrac{1}{\omega C_k}} U_{st}\ (17) \text{ und } U'_E = \frac{R_b}{R_v + R_b} U_E, \tag{18}$$

$$U'_E = \frac{R_b}{R_v + R_b + \dfrac{1}{\omega C_k}} U_{st}. \tag{19}$$

Da ähnlich zu den Voraussetzungen von Gl. (6) hierbei $R_v,\ R_b \ll \dfrac{1}{\omega C_k}$ gilt, erhält man am Ausgang des Hochpasses für die 220-V-Schaltung die annähernd gleiche innere Brummspannung wie für die 24-V-Schaltung entsprechend Gl. (6). Die Störfestigkeit gegen Brummspannungen ergibt sich demzufolge entsprechend $U'_E = U'_{sch}$ mit

$$U_{st\,zul} = \alpha U'_{sch} \tag{20}$$

$$\alpha = 1 + \frac{R_v}{R_b} + \frac{1}{\omega C_k R_b} \approx \frac{1}{\omega C_k R_b} \tag{21}$$

also invariant gegenüber der Nennspannung des Eingangskreises. Verallgemeinert wird diese Aussage, ausgehend von der Schaltschwelle U_{sch} an den Klemmen der Eingangsschaltung mit dem Innenwiderstand R_E (vgl. Bild 1) und einer der Gl. (7) entsprechenden Störschwelle

$$\hat{U}_{st} > \frac{1}{\omega C_k}\frac{U_{sch}}{R_E} \tag{22}$$

durch die Bemessungsvorschrift $U_{sch}/R_E = i_b = $ konstant bestätigt.

4.2. Störschwelle bei Impulsspannungen

Bei Impulsstörspannungen wird bei der 220-V-Ersatzschaltung (Bild 8b, mit R_v) die Zeitkonstante des Hochpasses durch

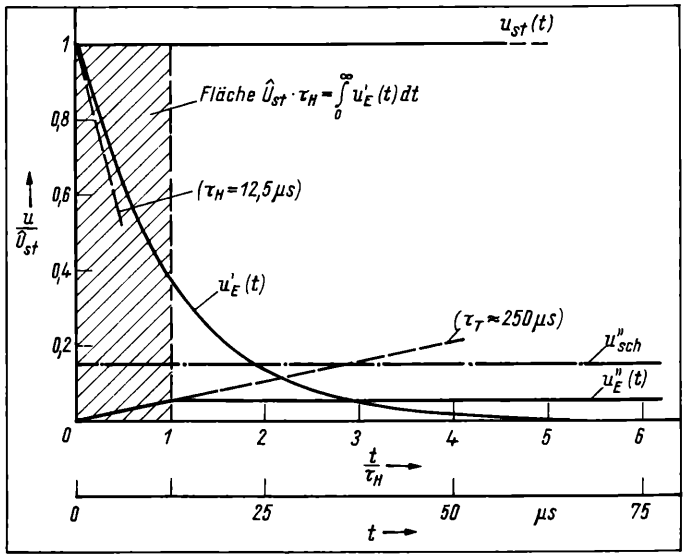


Bild 9. Störimpulsspannungen am Eingang und im Inneren der Ersatzschaltung (nach Bild 8b)

$\frac{\tau_H}{\tau_T} = \frac{12{,}5\,\mu s}{250\,\mu s} = \frac{1}{20}$ und $\hat{u}''_E \approx \frac{1}{20}\hat{u}_{st}$

$$\tau_H^* = (R_v + R_b)C_k \tag{23}$$

bestimmt. Definiert man für den Eingangsspannungsteiler der 220-V-Schaltung ein Übersetzungsverhältnis

$$\ddot{u} = \frac{U_E}{U'_E} = 1 + \frac{R_v}{R_b} \tag{24}$$

läßt sich für Gl. (23) unter Verwendung von Gl. (8) schreiben

$$\tau_H^* = \ddot{u}\,R_bC_k = \ddot{u}\tau_H. \tag{25}$$

Damit wird

$$u_E(t) = \hat{U}_{st}\,e^{-t/\ddot{u}\tau_H} \quad (26), \text{ mit Gl. (24)} \quad u'_E(t) = \frac{1}{\ddot{u}}\,\hat{U}_{st} \cdot e^{-t/\ddot{u}\tau_H} \tag{27}$$

und man erhält die gleiche Fläche für den als Näherung bestimmbaren Rechteckimpuls (Bild 10)

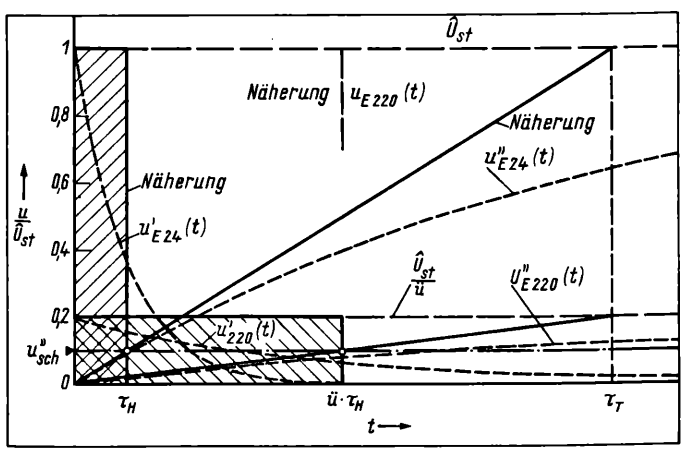
$$\int_0^\infty u'_E(t)\,dt = \frac{1}{\ddot{u}}\,\hat{U}_{st} \cdot \ddot{u}\,\tau_H = \hat{U}_{st}\,\tau_H \tag{28}$$

entsprechend Gl. (11). Am Ausgang des Tiefpasses ist die Spannung

$$u''_E(t) = \hat{U}'_E(1 - e^{t/\tau_T}) \approx \frac{1}{\ddot{u}}\,\hat{U}_{st}(1 - e^{t/\tau_T}) \tag{29}$$

bzw. näherungsweise

Bild 10. Vergleich der Störimpulsspannungen am Ausgang des Tiefpasses $u''_E(t)$ der Ersatzschaltung (Bild 8b) von Meldeeingangskreisen für 24 und 220 V
Rechteckimpuls als Näherung für $u'_{E\,24}(t)$
Rechteckimpuls als Näherung für $u'_{E\,220}(t)$



$$u''_E(t) \approx \frac{1}{\ddot{u}}\,\hat{U}_{st}\,\frac{t}{\tau_T} \qquad \text{für } t \ll \tau_T, \tag{30}$$

woraus sich der Maximalwert nach $t = \ddot{u}\tau_H$, mit

$$\hat{u}''_E \approx \frac{1}{\ddot{u}}\,\hat{U}_{st}\,\frac{\ddot{u}\tau_H}{\tau_T} = \hat{U}_{st}\,\frac{\tau_H}{\tau_T} \tag{31}$$

abschätzen läßt (Bild 10).
Die Störfestigkeit ($U''_{sch} > U''_E$) gegenüber Impulsstörspannungen kann demzufolge mit

$$\hat{u}_{st\,zul} \approx \begin{cases} \ddot{u}''_{sch}\,\dfrac{\tau_T}{\tau_H} & \text{für } t_{st} > \ddot{u}\,\tau_H \\ u''_{sch}\,\dfrac{\tau_T}{\tau_H} & \text{für } t_{st} < \tau_H \end{cases} \tag{32}$$

abgeschätzt werden.
Ein Vergleich mit Gl. (16) zeigt, daß die Störschwelle bei Impulsdauern $t_{st} > \ddot{u}\,\tau_H$ invariant gegenüber der Nennspannung des Eingangskreises ist. Bei sehr kurzen Störimpulsen ist die Störschwelle der 220-V-Schaltung höher. Dabei ist jedoch vorausgesetzt, daß für den Vorwiderstand R_v (Bild 8b) einschließlich seiner Anschaltung die parasitären Längs-Koppelkapazitäten vernachlässigbar klein sind.

4.3. Schlußfolgerungen

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Abschnitt 3 folgt: Meldungsfehler infolge von Störspannungen bei der Dimensionierung (Tafel 1) der Eingangsschaltungen für die Meldungserfassung bei 24 V (Bild 2a) und 220 V (Bild 2c) sind nur dann zu erwarten, wenn

- bei Beeinflussungsmodell nach Bild 4b innerhalb des Schaltfeldes oder
- bei Beeinflussungsmodell nach Bild 4a bei Meldespannungen von 24 V mit kleiner Koppelkapazität C_S (Bild 5) innerhalb des Schaltfeldes oder
- bei Beeinflussungsmodell nach Bild 4a bei Meldespannungen von 220 V innerhalb der Schaltanlage

über der Erdungsanlage Brummspannungen größer 3,75 kV oder Impulsspannungen größer 1,8 kV abgegriffen werden. Bei Meldespannungen von 220 V kann gegenüber sehr kurzen Störimpulsen ($t_{st} < C_kR_b$) eine höhere Störfestigkeit erwartet werden. Dabei ist ein kapazitätsarmer Vorwiderstand R_v (Bild 8b) vorausgesetzt und es ist zu berücksichtigen, daß bei dieser Schaltung Störspannungen über der Erdungsanlage der gesamten Schaltanlage wirken. Somit ist die Störschwelle von Eingangsschaltungen für die Meldungserfassung bei Gegentakt-Störspannungen grundsätzlich invariant gegenüber der Nennspannung. Die EMV ist für Störspannungen

$U_{st} < k_bU_{sch}$ bzw. $U_{st} < \dfrac{1}{\omega C_k}\,i_b$ bei Brummspannungen und

$\hat{u}_{st} < k_iU''_{sch}$ bei Impulsspannungen

mit den Koppelfaktoren

$$k_b \approx \frac{1}{\omega C_kR_E} \text{ und } k_i \approx \frac{R \cdot C}{R_bC_k} \tag{33}$$

und der Schaltschwelle U_{sch} bzw. U''_{sch} gewährleistet. Demzufolge ist die Störschwelle der drei Eingangskreise (Bild 2a bis c) annähernd gleich.
Die Betrachtungsweise des Hoch- und Tiefpaßverhaltens ist nicht nur auf den Eingangskreis beschränkt, sondern kann auch auf die weitere Schaltungsanordnung hinter dem Optokoppler ausgedehnt werden, wobei die parasitäre Koppelkapazität des Optokopplers zu berücksichtigen ist.

5. Nachweis der Störfestigkeit

5.1. Nutzung eines Rechenprogrammes

Das erarbeitete Programm ermöglicht die Berechnung der Störspannungen im Inneren der Schaltungen bei Beaufschlagung mit unterschiedlichen Störspannungen. Dabei können die kapazitive

Einkopplung und die Schaltungsdimensionierung variiert werden. Die Berücksichtigung weiterer Schaltungselemente, wie beispielsweise parasitäre Kapazitäten der Bauelemente und ihrer Verbindungen, ist möglich.

5.2. Experimentelle Untersuchung

Die Beaufschlagung der Eingangskreise mit Prüfstörspannungen liefert Aussagen zur Störschwelle und zur Zerstörfestigkeit. Beispielsweise wurden Eingangskreise zur 24-V-Meldungserfassung für die Schaltanlagen-Leittechnik SIS/HS mit Blitzimpulsspannungen (1,2/50 µs) des Blitzspannungsgenerators SIP 010 über die Koppelkapazitäten von 10 bis 100 m langen Meldekabeln beaufschlagt. Bei einer Kapazität C = 10 nF des Tiefpasses (Bild 2a) wurde die EMV bis zu Amplituden von 1 bis 2 kV nachgewiesen. Für eine Kapazität von C = 100 nF treten bis zu Amplituden von 3 bis 3,5 kV keine Meldungsfehler auf. Oberhalb dieser Amplituden entstanden hinter dem Optokoppler Meldepotentialänderungen von 0,3 bis 0,55 ms Dauer, die mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 5 % zu einen Fehler im Abtastsignal führen – aber durch die Entprellung ausgeblendet werden, so daß das Meldesignal unverändert blieb (vgl. Bild 7). Auch bei Steigerung der Blitzimpulsspannung auf 9 kV traten keine Durchschläge oder Zerstörungen an der Meldestufe auf. Bei direkter Einwirkung der Blitzimpulsspannung auf den Meldeeingang (Koppelkapazität C_k überbrückt) wurden beim Spannungssteigerungsversuch erst bei 4,5 bis 6 kV Überschläge an den Belastungswiderständen R_b (Baugröße 207) beobachtet.
Dadurch konnte eine ausreichende Störfestigkeit nachgewiesen werden.

6. Zusammenfassung

Die Leittechnik auf Mikrorechnerbasis ermöglicht bei den Meldespannungen den Übergang von 220 und 60 V auf 24 V, wenn die elektromagnetische Verträglichkeit dabei nicht verschlechtert wird. Ausgehend von einer Ersatzschaltung werden die kapazitiven Gegentakt-Störeinkopplungen für Brumm- und Impulsstörspannungen berechnet. Ein Vergleich von 24-V- mit 220-V-Eingangskreisen zeigt, daß die Störfestigkeit grundsätzlich invariant gegenüber der Meldespannung ist. Bei Berücksichtigung von Dimensionierungshinweisen ist es möglich, daß bei 24-V-Eingangskreisen geringere Störspannungen in der Schaltanlage abgegriffen werden.
Mit Hilfe von Koppelfaktoren können näherungsweise die Störschwellen bei der Schaltungsdimensionierung bestimmt werden. Hinweise zum Nachweis der Störfestigkeit runden den Beitrag ab. Für ein Beispiel werden die Ergebnisse des experimentellen Nachweises mitgeteilt.

EA 6158

Literatur

[1] *Bauer, H.; Langer, G.:* Erhöhung der Zuverlässigkeit einer modernen Prozeßleittechnik für Umspannwerke durch Maßnahmen zur elektromagnetischen Verträglichkeit. Wiss. Zeitschrift der TU Dresden 36 (1987) 3, S. 175–181

[2] *Bauer, H.; Langer, G.:* Elektromagnetische Verträglichkeit durch Fehlererkennungs- und Fehlertoleranzprinzipien. ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 1, S. 28–31

DRIVES '90

1. Internationale Fachmesse und Kongreß für elektrische Antriebstechnik

Zeit: 4 bis 6. September 1990
Ort: Sindelfingen

Veranstalter: MESAGO
Messe & Kongreß GmbH, Stuttgart
Postfach 103261
D-7000 Stuttgart
Telefon (0711) 61946-0

Die Redaktion EK 4281

Einsatzvorbereitung und Inbetriebnahme der Schaltanlagen-Leittechnik für ein 380-/110-kV-Umspannwerk

H. Bauer; K. Gnüchtel; Dresden; G. Henkel, Berlin

Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen

AF2	Schrank für Vor-Ort-Elektronik im Hochspannungsschaltfeld	*OE*	Optischer Empfänger
		OS	Optischer Sender
BR	Bedienrechner	*PA*	Pegelanpassung
DB	Datenbus	*PC*	Personalcomputer
DNM	Dynanisches Netzmodell	*S*	Steuerungselektronik
		SFS	Schaltfehlerschutz
EMV-B	EMV-Barriere	*SP*	Schnittstelle zum Prozeß
H	High-Pegel	*SV*	Stromversorgung
IW	Stromwandler	*T*	Tastatur
L	Low-Pegel	*TB*	Taktbus
LR	Leitrechner	*TS*	Trennschalter
LS	Leitungsschalter	*UW*	Spannungswandler
LWL	Lichtwellenleiter	*VE*	Vor-Ort-Elektronik
M	Monitor	*VR*	Verarbeitungsrechner
M/M	Elektronik für Messung /Meldung	*W*	Schaltwarte
		WR	Wechselrichter
N	Schaltnetzteil	*ZG*	Zentraler Zeitgeber

Aufbau und Inbetriebnahme von Schaltanlagen-Leittechnik auf Prüfung und Nachweisführung, aber auch für das höhere Niveau der Arbeitsorganisation.
Durch konstruktive Zusammenarbeit zwischen Hersteller und Betreiber wurden effektive Lösungen gefunden. Schwerpunkte waren
– Abstimmung zum Funktionsumfang
– Prozeßankopplung
– Schulung des Betriebspersonals
– Nachweis zur Stabilität und Zuverlässigkeit der Leittechnik während des Probebetriebes. Von besonderem Interesse sind auch die Prüfungen bei der Inbetriebnahmevorbereitung. Dabei wird im Rahmen der CIGRE diskutiert, welche Prüfungen beim Hersteller durchgeführt werden können und welche Prüfungen unbedingt vor Ort – gegebenenfalls unter Nutzung rechnergestützter Testhilfsmittel – zu erfolgen haben.

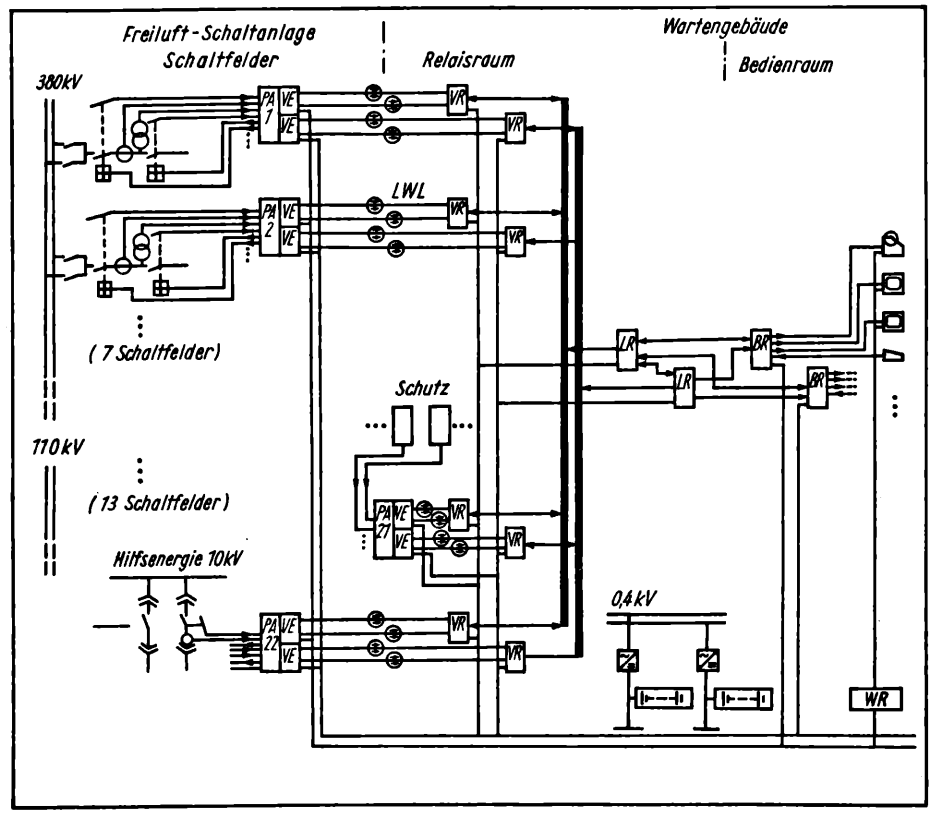
1. Struktur und Funktionsumfang

1.1. Struktur der Schaltanlagen-Leittechnik

Die in der DDR entwickelte Schaltanlagen-Leittechnik für Hochspannungsschaltanlagen wurde erstmals in einem 380-/110-kV-Umspannwerk eingesetzt. Die 380-kV-Schaltanlage besteht aus 7 Hochspannungsfeldern, davon zwei Transformatorenfelder und ein Kupplungsfeld. Auch die 110-kV-Schaltanlage mit 13 Schaltfeldern ist mit Doppelsammelschiene ausgeführt und enthält alle drei Schaltfeldtypen (Kupplungs-, Transformator- und Leitungsfeld).

Dr.-Ing. *Hartmut Bauer* ist Hochschuldozent an der TU Dresden, Sektion Elektrotechnik, Lehrstuhl Elektroenergieanlagen. Dipl.-Ing. *Konrad Gnüchtel* ist Abteilungsleiter im Geschäftsbereich Leittechnik der Starkstromanlagen Dresden GmbH. Dr. -Ing. *Gerhard Henkel* ist Gruppenleiter in der Verbundnetz-AG.

Bild 1. Struktur der Schaltanlagen-Leittechnik für ein 380-/110-kV-Umspannwerk



Die modular und hierarchisch aufgebaute Schaltanlagen-Leittechnik SIS/HS ist durchgängig redundant ausgeführt (Bild 1). Jedem Hochspannungfeld ist eine Vor-Ort-Elektronik (VE) und ein Verarbeitungsrechner (VR) zugeordnet, deren Informationsaustausch über zwei Lichtwellenleiter erfolgt. Zwei weitere Einheiten sind dem Eigenbedarf sowie der Erfassung aller vom konventionellen Schutz generierten Meldungen zugeordnet. Vom Schaltfeld werden über den Lichtwellenleiter mit 200 k Bit/s alle Meldungen mit einer Zeitauflösung von 10 ms und alle Meßwerte mit einer Abtastfrequenz von 800 Hz übertragen; in entgegengesetzter Richtung über den zweiten Lichtwellenleiter alle Steuerkommandos einschließlich der Kommandos im Rahmen der Eigendiagnose sowie die erforderlichen Taktimpulse. Ein zentral im Leitsystem erzeugter und verteilter 1,25-ms-Takt gewährleistet das zeitgleiche Abtasten aller Meßwerte innerhalb des gesamten Umspannwerkes durch alle Analog-Digital-Umsetzer.

Werden bei der schaltfeldbezogenen Informationsverarbeitung im Verarbeitungsrechner signifikante Meldungs- oder Meßwertänderungen berechnet, gelangen diese über das Bussystem an den Leitrechner (LR).

Im LR erfolgt die anlagenbezogene Informationsverarbeitung. Notwendige Informationen an das Schaltanlagenpersonal werden über den Bedienrechner (BR) mit Hilfe von Farbdisplays und Druckern ausgegeben. Der BR steuert die gesamte Mensch-Maschine-Kommunikation über Farbdisplays, Drucker und Bedientastaturen. Für die Betriebsführung des Umspannwerkes stehen zwei Bedienarbeitsplätze zur Verfügung.

Tafel 1. Funktionsumfang der Schaltanlagen-Leittechnik auf Mikrorechnerbasis

Funktionsinhalt		Grundfunktion			
		Messen	Melden	Steuern	Regeln
Gegenwärtig realisiert:					
– Schalt-zustands-darstellung	Schalt-anlage		x		
	Schaltfeld		x		
– Meßwertdar-stellung	Leiter-Ströme	x			
	Spannungen	x			
	Leistungen	x			
	Frequenz	x			
– Schaltgeräte-betätigung: von Warte	LS			x	
	Trenner		x	x	
	(ET)		x	x	
– Schaltfehler-schutz			x	x	
– Synchron-kontrolle		x	x	x	
– Protokollieren von Schalt-handlungen			x		
– Meldungs- u. Daten-ausgabe	Fehler-meldungen		x		
	Störungs-daten	x	x		
– Transformator-stufung		x	x	x	
– Automatische Grenzwert-überwachung		x			
Für Folgevorhaben zu realisieren:					
– Synchronisation		x	x	x	x
– Schaltgerätebetätigung: Vor-Ort			x	x	
– Schalterversagerschutz (Rückgreifen)		x	x	x	
– Aus-Kommando-Übertragung für RS			x	x	
– Fehlerentfernungs-berechnung		x			

1.2. Gegenwärtiger Funktionsumfang

Die Schaltanlagen-Leittechnik umfaßt gegenwärtig die Steuerung und Überwachung des Umspannwerkes (Tafel 1). Leitungs- und Transformatorschutz sind konventionell ausgeführt. Zielstellung für diese Leittechnik ist die Sicherung einer hohen Versorgungszuverlässigkeit [1] [2]. Das wird erreicht durch hohe Bediensicherheit, Diagnose und Eigenüberwachung.

Bei der Schaltzustandsdarstellung auf den Farbdisplays sind geerdete Anlagenabschnitte weiß und unter Spannung stehende rot gezeichnet und somit deutlich unterscheidbar gegenüber den spannungslosen, nicht geerdeten Anlagenabschnitten. Diese werden in einer der Spannungsebene zugeordneten Farbe (z. B. 380 kV grün 110 kV gelb) gezeichnet.

Die Steuerung der Hochspannungs-Schaltgeräte wird im Dialog geführt. Der in den Rechnern integrierte Schaltfehlerschutz verhindert Fehlschaltungen. Vor der Schaltkommandoausführung für

einen Leistungsschalter prüft das Rechnersystem die Einschaltbedingungen (Synchro-chek). Hierbei werden Frequenz, Effektivwertdifferenz und Phasenwinkeldifferenz der beiden am Leistungsschalter anstehenden Spannungen berechnet. Die Schalthandlung wird ausgeführt, wenn bei Frequenzgleichheit die Differenzen der Effektivwerte und Phasenwinkel innerhalb der zulässigen Abweichungen liegen. Anderenfalls wird der Schaltwärter informiert.
Für folgende Anlagen ist bei Bedarf die Funktion Synchronisierung vorgesehen, d. h. das synchrone Einschalten des Leistungsschalters bei Frequenzdifferenzen der beiden Teilnetze.

2. Anschaltung der Leittechnik an den Prozeß

2.1. Pegelanpassung

Die Schnittstelle zwischen Leittechnik und Prozeß befindet sich jeweils in einem stahlblechgekapselten zweifeldrigen AF2-Schrank (Bild 2) in jedem Hochspannungsschaltfeld der Freiluftschaltanlage. Sie ist in konventioneller Klemmtechnik ausgeführt, so daß übliche Steuerkabel von den Wandlern und zu den Schaltgeräten angeschlossen werden können. Die Pegel dieser Schnittstelle werden von den Wandlern und Schaltgeräten bestimmt und betragen kompatibel zur konventionellen Sekundärtechnik 100 V für die Spannungsmessung, 1 A bzw. 5 A für die Strommessung, 220 V bzw. 60 V Gleichspannung für die Meldung und 220 V Gleichspannung für die Steuerung. Zur Pegelanpassung an die Elektronik (5 V) werden Zwischenwandler bei den Meßwerten sowie Optokoppler und Relais bei den Meldungen bzw. bei der Steuerung verwendet.

2.2. Hilfsenergieversorgung

Die mikroelektronischen Teilsysteme erhalten die Speisespannung über Schaltnetzteile. Diese werden mit 220 V Gleichspannung über ein redundantes Ringkabel (Bild 1) gespeist. Ebenso werden alle 44 Verarbeitungsrechner sowie die beiden Leit- und Bedienrechner über die jeweils batteriegestützte Gleichstromversorgung betrieben (Bild 1). Über Wechselrichter sind die Farbdisplays und Drucker angeschlossen. Damit ist für die gesamte Leittechnik eine unterbrechungsfreie Stromversorgung gewährleistet.

2.3. EMV-Maßnahmen

Um eine hohe Zuverlässigkeit der Leittechnik zu sichern, wurde großer Wert auf die Beherrschung der EMV gelegt [3] [4].
Schwerpunkt dabei waren systeminterne Maßnahmen, weil diese vom Hersteller während des Entwicklungsprozesses der Leittechnik kostenoptimal realisierbar sind. Außerdem kann nur auf diese Weise die Überwachung der EMV-Barrieren in die Eigendiagnose der Leittechnik einbezogen werden. Neben der generellen galvanischen Trennung zwischen Elektronik und Prozeß mit Hilfe von Zwischenwandlern, Relais, Optokopplern und Schaltnetzteilen wurden EMV-Prinzipien bei der Konstruktion und Schutzbeschaltung entwickelt und realisiert. Das betrifft die Anordnung und kürzestmögliche, induktivitätsarme Erdung der Wandlerschirme, aber auch die Gestaltung von Gehäuse-Teilschirmen in Verbindung mit der Bezugspotentialbildung für Leitungsschirme sowie Ableitkondensatoren als wirksame räumliche EMV-Barriere. Deshalb wirkt dieser Schirm auch als Umgehungsleiter für Störimpulse, die kapazitiv über die galvanische Trennung durchgekoppelt wurden. Infolge dieser Maßnahmen wird das Eindringen von Störimpulsen in die elektronischen Schaltungen wesentlich reduziert.
Darüber hinaus wurde durch Berücksichtigung störbedingter Zustandsübergänge innerhalb der elektronischen Schaltungen und mit Hilfe von Fehlererkennungs- und Fehlertoleranzprinzipien eine wirksame EMV erreicht. Das hatte ausreichende EMV durch systeminterne Mittel zur Folge. Zusätzliche Maßnahmen gegenüber konventioneller Technik außerhalb des Vor-Ort-Elektronik-Schrankes waren nicht erforderlich.

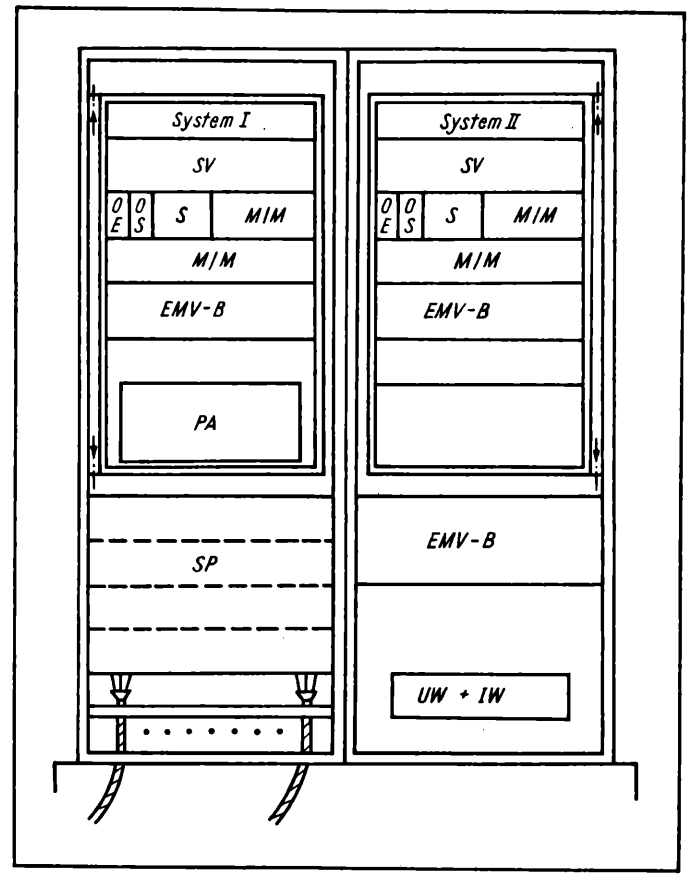


Bild 2. AF2-Schaltschrank im Hochspannungs-Schaltfeld mit Schwenkrahmen für die Vor-Ort-Elektronik (Redundanz durch System I und System II)

2.4. Besonderheiten

Bei dem gegenwärtig realisierten Funktionsumfang waren einige Besonderheiten zu berücksichtigen. Der Leistungsschalter erhält das Schutz-Aus-Signal vom konventionellen redundanten Schutz. Die Ansteuerung des Leistungsschalters über die Leittechnik und auch die Meldungserfassung waren redundant und rückwirkungsfrei zu realisieren. Bei einigen Meldungen wurde eine Anschaltung über grundsätzliche Hilfsrelais erforderlich, da keine freien Kontakte vorhanden waren (Bild 3).
Meldungen, die nicht redundant generiert werden, sind nach der Pegelanpassung auf die beiden Leittechnik-Systeme zu führen

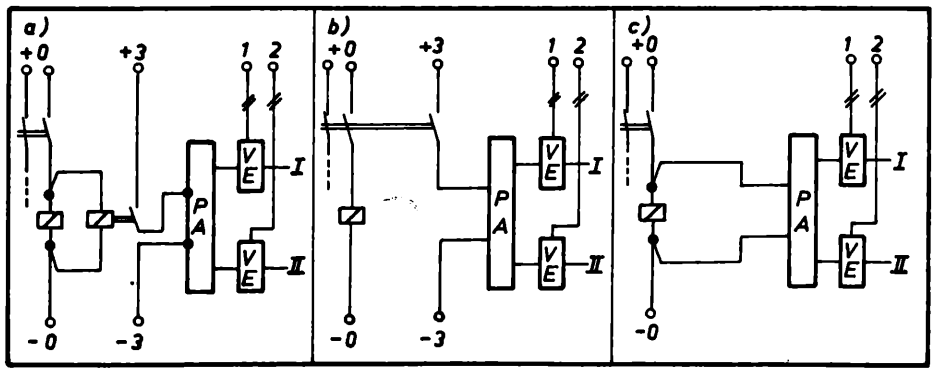


Bild 3. Anschaltvarianten für die Pegelanpassung PA und Vor-Ort-Elektronik VE zur Meldungserfassung
I, II Leittechnik-Systeme I und II
±0 Konventioneller Meldestromkreis
S 1, 2, 3 Stromkreise Leittechnik
a) Anschaltung über ein zusätzliches Hilfsrelais (Zeitverzögerung 5 ... 25 ms)
b) Nutzung von freien Kontakten
c) Direkte Aufschaltung

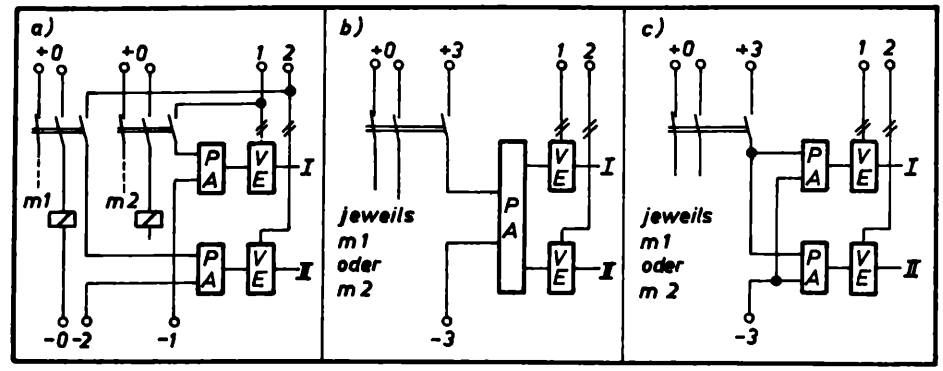


Bild 4. Redundanzzuordnung für Pegelanpassung PA und Vor-Ort-Elektronik VE zur Meldungserfassung
I, II Leittechnik-Systeme I und II
±0 Konventioneller Meldestromkreis
S 1, 2, 3 Stromkreise Leittechnik
m1, 2 Redundante Meldungen (z. B. Auslösung durch Schutz 1 bzw. Schutz 2)
a) Einfache Meldungserfassung durch direkte Zuordnung von Meldung und Leittechnik-System
b) Redundante Erfassung jeder einzelnen Meldung
c) wie b) jedoch mit redundanter Pegelanpassung

(Bild 4). Da der Meldekreis nicht eindeutig einem Teilsystem zugeordnet werden kann, waren drei gleichwertige Gleichstromkreise (S1, S2, S3) aufzubauen. Eine redundante Auslegung der Pegelanpassung läßt nur bei deren logischer Unabhängigkeit geringe Vorteile erwarten.

Aus Zuverlässigkeitsanforderungen des Schaltfehlerschutzes, aber auch zur genaueren Unterscheidung der Schaltgerätestellung sind insgesamt die Zustände „Ein", „Aus", „Zwischenstellung" („Störstellung") vom „Ausfall der Gleichspannung für die Stellungsmeldung" sicher zu unterscheiden. Hierzu werden low-aktive, antivalente Kontaktpaare verwendet [2] (Bild 5). Die Anschaltung erfolgte über eine nicht redundante Baugruppe zur Pegelanpassung so, daß jedes der beiden Meldesignale in beiden Systemen der Leittechnik erfaßt und verarbeitet werden kann (Bild 5b).

Eine hohe Bediensicherheit wird durch die Einbeziehung von Erdungstrennern sowie Erdungs- und Kurzschließvorrichtungen (EuK) in den schaltfeldübergreifenden Schaltfehlerschutz erreicht. Diesbzgl. ist gegenwärtig die Nachführung der Schaltgerätestellung über die Tastatur für EuK möglich.

3. Technische Inbetriebnahmevorbereitung

3.1. Übersicht

Nach erfolgreichem Abschluß von entwicklungsbegleitenden Prüfungen und Typprüfungen können die dabei gewonnenen Erfahrungen auch für die Inbetriebnahmeprüfung genutzt werden. Grundsätzlich ist der gesamte Funktionsumfang (Tafel 1) bei der Inbetriebnahmeprüfung bezüglich fehlerfreier Funktion nachzuweisen. Daraus ergeben sich vier Schwerpunkte für diese Prüfung:

- Nachweis des Schaltfehlerschutzes
- Nachweis der Steuerung (der Schaltgeräte)
- Nachweis jeder Meldung
- Nachweis jedes Meßwertes bei Berücksichtigung bestimmter Voraussetzungen durch das Dreiphasensystem und bei der Synchronisation.

Für die Nachweisprüfung können vorteilhaft Protokollausdrucke des zu prüfenden Leittechnik-Systems mit verwendet werden.

Für zwei ausgewählte Inbetriebnahmeprüfungen sollen die erforderlichen Maßnahmen beschrieben werden.

3.2. Prüfung des Schaltfehlerschutzes

Für die richtige Funktion des Schaltfehlerschutzes ist die Fehlerfreiheit der Daten und des Programms nachzuweisen.

Als Daten werden vom Schaltfehlerschutz die Schalterstellungen aller Schaltgeräte benutzt. Da systemintern das gleiche Zustandsbild aller Schaltgeräte sowohl für den Schaltfehlerschutz als auch für das Anlagenübersichtsbild und die Schaltfelddarstellungen auf dem Farbdisplay verwendet werden, ist die Richtigkeit der Daten auf dem Farbdisplay nachweisbar.

Wesentlicher Bestandteil des Programms sind die Booleschen Gleichungen der Verriegelungsbedingungen für jedes Schaltgerät (in Tabellenform abgespeichert). Es ist ein wesentlicher Vorteil der mikrorechnergestützten Schaltanlagen-Leittechnik, daß die logische Richtigkeit dieser programmierten Verriegelungsbedingungen lange vor Inbetriebnahme der Schaltanlage getestet werden kann. Hierzu ist die Simulation der Schaltanlage – zumindest ihrer Schaltgeräte – am Rechner erforderlich. Dabei werden systematische und stochastische Tests kombiniert. Die Auswahl der Schalthandlungen und Schaltzustände wurde vom zukünftigen Betreiberpersonal, unabhängig von Hersteller und Projektanten, vorgenommen.

Für die Inbetriebnahmeprüfung des Schalterfehlerschutzes in der realen Schaltanlage bei bereits in Betrieb befindlicher Primäranlage, also auch nach Erweiterungen oder Änderungen, gibt es für diese Schaltanlagen-Leittechnik prinzipiell drei Möglichkeiten der Nachweisführung:

- An der Vor-Ort-Elektronik im Hochspannungsschaltfeld wird ein Schaltgeräte-Simulator installiert und die Schaltgeräte-Steuerung auf diese Schalter-Nachbildungen umgeschaltet.
- An den Bus zwischen Leitrechner und allen Verarbeitungsrechnern wird ein Rechner derart geschaltet (only listener), daß der gesamte Datenverkehr über diesen Bus aufgezeichnet und ausgewertet wird. Da der Schaltfehlerschutz im Bedien- und im Leitrechner installiert ist, kann am Bus nachgewiesen werden, ob für die betreffende Schalthandlung ein Schaltkommando-Telegramm an einen Verarbeitungsrechner abgesendet wurde oder nicht.
- Der Schaltfehlerschutz wird bereits erstmals durchgerechnet, wenn das betreffende Schaltgerät eines Schaltkommandos eingegeben wurde. Da der aktuelle Schaltzustand des Schaltgerätes im Zustandsabbild gespeichert ist, wird bei Abarbeitung des Schaltfehlerschutzes vorausgesetzt, daß dieser aktuelle Schaltzustand geändert werden soll. Als zwei Barrieren bis zur Ausführung des Schaltkommandos sind noch die dialoggeführte Eingabe der Betätigungsrichtung (Schließen oder Öffnen und Einschalten oder Ausschalten für Trenner bzw. Leistungsschalter) und das Ausführungskommando für diese Schalthandlung vorhanden. Dadurch kann auch das zufällige Berühren einer Taste nicht zur ungewollten Schalthandlung bei Prüfung des Schaltfehlerschutzes führen.

Grundsätzlich ist der Schaltfehlerschutz bezüglich Unterfunktion und Überfunktion zu prüfen.

3.3. Prüfung des Synchronvergleichs

Nach der Prüfung aller Strom- und Spannungsmeßwerte einschließlich deren gegenseitiger Abhängigkeit innerhalb eines

Tafel 2. Informationsübertragung und -verarbeitung für die Funktion Synchronvergleich (Überprüfung der Einschaltbedingungen) entsprechend Bild 6

T	(dauernd) 1,25-ms-Takt für Analog-Digital-Umsetzer, synchron für alle Schaltfelder
Z	(dauernd) Schaltgerätestellung, periodisch 10 ms
1	Tastatureingabe Schaltkommando
2	Überprüfung Schaltfehlerschutz
3	Auswahl der beiden Verarbeitungsrechner auf Basis des Zustandsabbildes
4	Aufforderung an beide Verarbeitungsrechner zur zeitgleichen Erfassung von Synchrondatensätzen
5	Erfassen zeitgleicher Meßwertsätze durch die beiden Verarbeitungsrechner
6	Überspielen dieser Meßwerttelegramme an den Leitrechner und Überprüfung der Einschaltbedingungen (Synchronvergleich)
7	Bei Verletzung der Einschaltbedingungen: Information auf dem Bildschirm
8	Bei Erfüllung der Einschaltbedingungen: Ausführung des Schaltkommandos Leistungsschalter einschalten
9	Darstellung des geänderten Schaltzustandes für den Leistungsschalter in der Umspannwerk-Übersichtsdarstellung und in der Schaltfelddarstellung

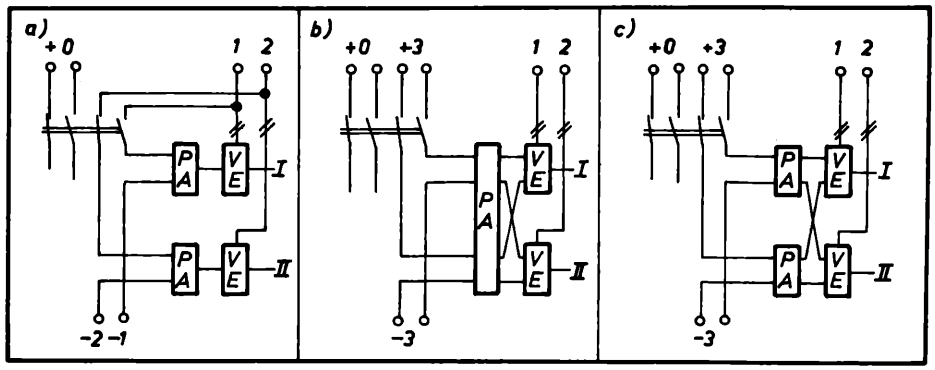


Bild 5. Redundanzzuordnung bei Verwendung antivalenter Meldesignale für eine Meldung
I, II Leittechnik-Systeme I und II
±0 Konventioneller Meldestromkreis
S 1, 2, 3 Stromkreise Leittechnik
a) Einfache Meldesignalerfassung durch direkte Zuordnung von Meldesignal und Leittechnik-System
b) Redundante Erfassung jedes einzelnen Meldesignals
c) wie b) jedoch mit getrennter Pegelanpassung PA

Schaltfeldes, wie Phasenlage entsprechend des Dreiphasensystems und Phasenwinkeldifferenz zwischen Strom und Spannung entsprechend Belastungsimpedanz, kann der Synchronvergleich geprüft werden. Aus dem Ablauf der Funktion Synchronvergleich ist zu erkennen (Bild 6, Tafel 2), daß beide ausgewählte Verarbeitungsrechner zeitgleiche Spannungsdatensätze für die Berechnung von Betrag und Winkel der zu vergleichenden Spannung verwenden müssen. Das wird ständig durch gleichzeitige Abtastung aller Meßwerte in allen Schaltfeldern des Umspannwerkes ereicht. Dabei ist die gleichzeitige Takterzeugung auch zwischen den beiden zentralen Zeitgebern der beiden redundanten Systeme gesichert.
Da beim Synchronvergleich die gleiche Frequenz für beide zu vergleichende Spannungen als vorausgesetzt gelten kann, sind jeweils zwei ausgewählte Schaltfelder sekundärseitig (100 V) quasistationär mit Spannungen zu beaufschlagen, deren Effektivwerte und Phasenlagen während der Prüfung variiert werden. Die Entscheidung des Rechnersystems bezüglich Freigabe oder Blockierung des Schaltkommandos als Ergebnis des Vergleichs der Effektivwertdifferenz und Winkeldifferenz mit den am Netzknotenpunkt zulässigen Werten wird nachgewiesen.
Auch bei diesen Prüfungen ist die richtige Funktionsausführung hinsichtlich Überfunktion (Blockierung zulässiger Leistungsschalter-Einschaltungen) und Unterfunktion (Freigabe nicht zulässiger Einschaltungen) zu prüfen.

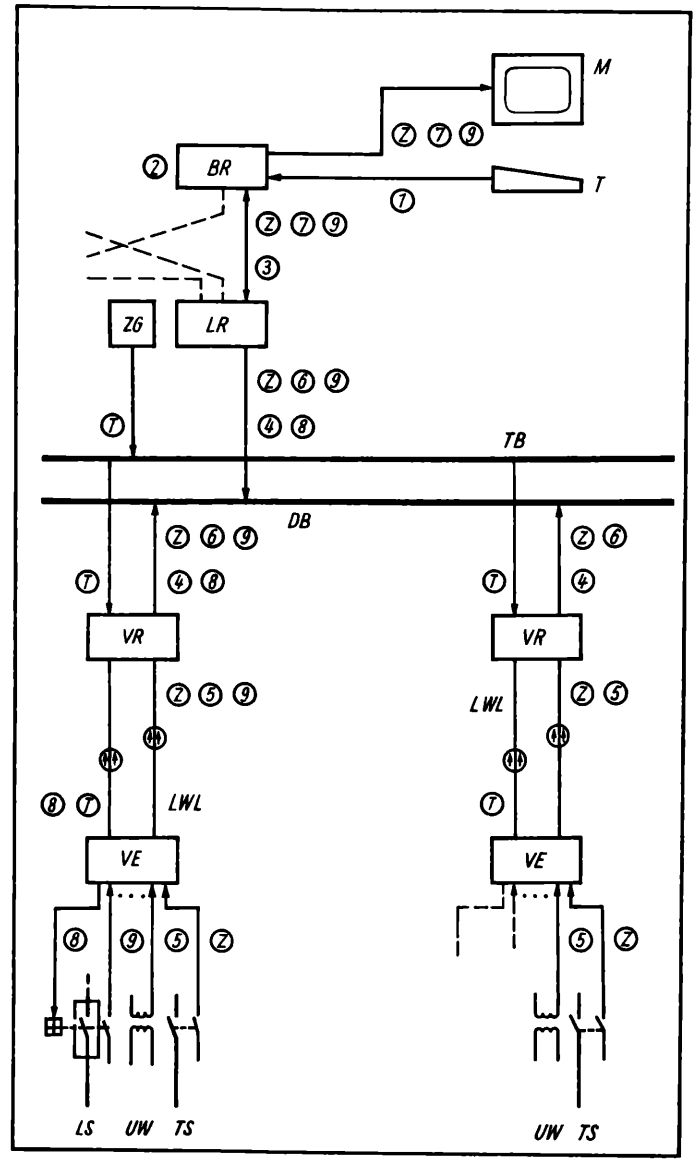


Bild 6. Teil der Schaltanlagen-Leittechnik (ohne Redundanz) und Schrittfolge für die Überprüfung der Einschaltbedingungen (Synchronvergleich)
Beschreibung der Schritte nach Tafel 2.

4. Schulung des Anlagenpersonals

4.1. Betriebsführung

Bei der Entwicklung dieser Schaltanlagen-Leittechnik wurden zwei wesentliche Grundsätze realisiert:
- Die durchgeführte Eingabe dieser Steuerkommandos verwendet Begriffe der in den Energieversorgungsbetrieben seit langem üblichen Kommandosprache [5].
- Alle einzugebenden Bestandteile eines Schaltkommandos, wie beispielsweise die Schaltfeldbezeichnung oder die Schaltgerätebezeichnung, werden identisch auf dem Bildschirm angeboten.

Dadurch bedingt, bereitet die normale Betriebsführung mit dieser Leittechnik – im wesentlichen das Bedienen und das Schalten mit Hilfe der alphanumerischen Tastaturen und Farbdisplays – keinerlei Schwierigkeiten. Auch bei der Umschulung der Schaltwärter mit jahrelanger Erfahrung in konventionellen Schaltanlagen gab es keine Probleme. Schwerpunkt der Schulung vor der Inbetriebnahme war deshalb das Training der Reaktion auf ausgewählte Ereignisse.

4.2. Ereignisreaktion

Bei diesem Anwendungsfall wurden die Schulungen vor der Inbetriebnahme an der Originalanlage durchgeführt. Mit gleichem Erfolg lassen sich Simulationsanlagen für die Schulung verwenden, wenn dabei im Simulationsrechner die Schaltanlagentopologie des Original-Umspannwerkes implementiert wird (Bild 7a).
Werden nur die Verarbeitungsebene und der Prozeß simuliert (Bild 7b), können am Originalteil der Trainingsanlage auch Handlungen, wie beispielsweise der Baugruppenwechsel, geübt werden.
Ein vollständiges Training, vergleichbar dem an der Originalanlage, wird durch die Einbeziehung eines Dynamischen Netzmodells ermöglicht (Bild 7c). Werden beispielsweise zwei Schaltfelder des Modells mit Vor-Ort-Elektronik und Verarbeitungsrechner ausgerüstet, können die restlichen Schaltfelder in beliebiger Schaltanlagentopologie durch einen Personalcomputer simuliert werden. Durch den Trainingsleiter können beliebige Ereignisse oder Ereignisfolgen abgerufen werden, die Fehler im Netz, in der Schaltanlage oder in der Leittechnik simulieren. Infolge der hohen Nachbildgenauigkeit eines Dynamischen Netzmodells können auch solche Funktionen wie Synchronisation oder Schutz an einer derartigen Trainings- und Testanlage geprüft werden.
Aufbauend auf einer übersichtlichen Beschreibung der Arbeitsweise und der Funktionsabläufe dieser mikrorechnergestützten

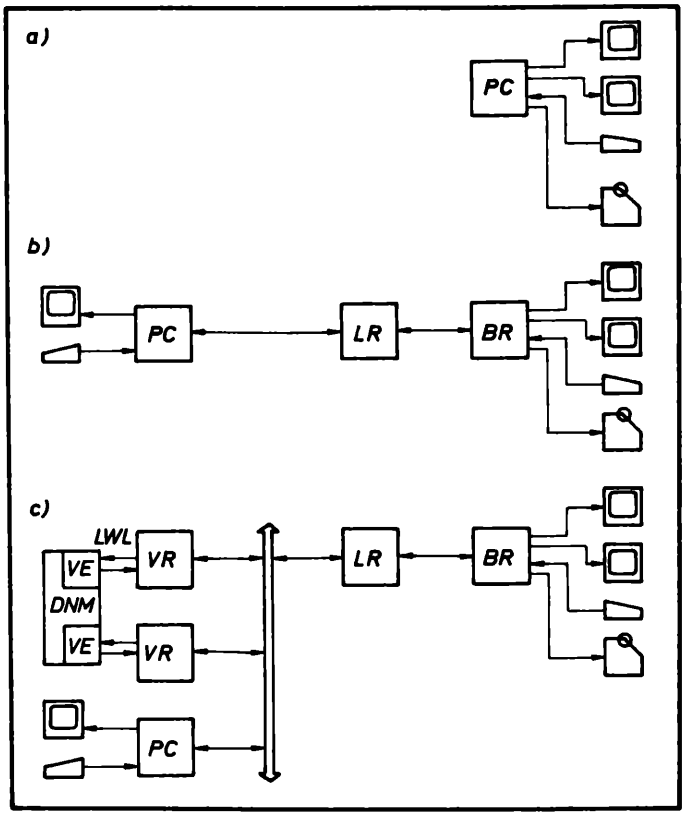


Bild 7. Varianten für Trainings- und Simulationsanlagen
a) Trainingsplatz zur Prozeßführung mit vollständiger Simulation
b) Trainingsplatz zur Prozeßführung und Teststation für anlagenbezogene Funktionen mit simulierter feldbezogener Ebene
c) Vollständiger Trainings- und Testarbeitsplatz mit Nutzung eines Dynamischen Netzmodells (DNM) und Simulation der restlichen Teilanlagen.

Leittechnik werden die zu erwartenden Ausfallcharakteristiken und die programmierte Systemreaktion erläutert. Sehr wichtig ist das anschließende praktische Üben von Reaktionen auf derartige Ausfallsituationen. Dabei geht es um Teilausfälle der neuen leittechnischen Komponenten, wie beispielsweise den Ausfall eines Farbdisplays, einer Tastatur, eines Rechners, eines Lichtwellenleiters oder einer Meßwerterfassungsbaugruppe. Der Schaltwärter muß erfahren können, wie das redundante System auf derartige Ereignisse reagiert und welche zusätzlichen Diagnosemittel er nutzen kann.

4.3. Antihavarietraining

Es ist ein Vorteil dieser mikrorechnergestützten Schaltanlagen-Leittechnik, daß mit vertretbarem Aufwand Trainingsanlagen mit Rechnersimulation des Zustandes (Schaltgerätestellungen, Meßwerte usw.) eines Umspannwerkes aufgebaut werden können.
An diesen Anlagen ist es möglich, während des Dauerbetriebes eines Umspannwerkes in periodischen Abständen oder unmittelbar vor größeren geplanten Umschaltungen mit dem Personal ein Antihavarietraining durchzuführen. In Vorbereitung auf solch ein Training können Ereignisfolgen der Primäranlage und des Leistungs- und Transformatorschutzes programmiert werden, so daß der Rechner während des Trainings diese Ereignisse simuliert. Das betrifft Schutzanregungen, Schutzauslösungen, Schalterfälle usw. Damit ist das Anlagenpersonal in der Lage, Reaktionen auf seltene Netzereignisse zu trainieren. In relativ kurzer Zeit können Erfahrungen gewonnen werden, die bisher in mehrjähriger Tätigkeit erworben werden mußten.

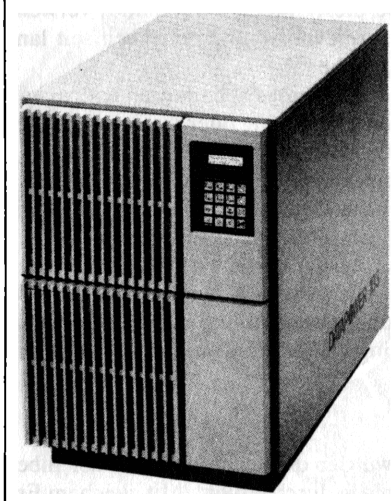
5. Auswertung des Probebetriebes

Während des zweijährigen Probebetriebes wurden alle Unregelmäßigkeiten oder Fehler in speziellen Fehlererfassungsbelegen aufgeschrieben und ausgewertet. Die Auswertung erfolgte in Zusammenarbeit von Hersteller und Betreiber durch eine Inbetriebnahmekommission.
Diese Auswertung zufälliger Ereignisse wurde ergänzt durch die Ergebnisse der periodischen Eingangsüberwachung der Leittechnik und durch periodische Dämpfungsmessungen der Lichtwellenleiterverbindungen. Insgesamt sind die Werte der Entwurfzuverlässigkeit erreicht worden.
Infolge der nachgewiesenen Stabilität und Zuverlässigkeit der mikrorechnergestützten Schaltanlagen-Leittechnik SIS/HS während des Probebetriebes sowie der erfolgreichen Schulung des Anlagenpersonals wurde die Leittechnik 1989 in den Dauerbetrieb übernommen. Mit Hilfe der neuartigen Meßwerterfassung und -auswertung dieses Systems konnte ein unbekannter Fehler an einem 380-kV-Wandler erkannt und innerhalb kurzer Zeit behoben werden. Die positiven Erfahrungen mit dieser Schaltanlagen-Leittechnik werden auch bei der Inbetriebnahme der in der DDR entwikkelten Netzleittechnik für die Bezirkslastverteilungen genutzt.

Literatur

[1] *Markusch, D.; Ambrosch, H.:* Anforderungen an eine neue Generation der Steuer-, Schutz- und Automatisierungstechnik in Umspannwerken des Elektroenergiesystems. ELEKTRIE, Berlin 41 (1987) 9, S. 354–358 und 10, S. 386
[2] *Bauer, H.:* Entscheidungskriterien für die Entwicklung und für den Einsatz von mikrorechnergestützter Prozeßleittechnik für Umspannwerke. ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 11, S. 405–409
[3] *Bauer, H.; Langer, G.:* Modelle und Strategien für Prüfungen der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMC). ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 11, S. 409–415
[4] *Bauer, H.; Langer, G.:* Erhöhung der Zuverlässigkeit einer modernen Prozeßleittechnik für Umspannwerke durch Maßnahmen zur elektromagnetischen Verträglichkeit. Wiss. Zeitschrift der TU Dresden 36 (1987) 3, S. 175–181
[5] TGL 200-0619/05 Betreiben elektrotechnischer Anlagen; Kommandosprache und Kommandoführung in Starkstromanlagen. Ausgabe Oktober 1976

EA 6065

DATAPOWER®
UNTERBRECHUNGSFREIE STROMVERSORGUNG
DP 100 3 + 5 kVA 1phasig

Schon kurze Netzstörungen durch Überspannung oder Ausfall können zu **Hard- und Softwareschäden** führen. Erhebliche Folgekosten durch Datenverlust und Produktionsausfall sind die Folge. Hinzu kommt die ständig schlechter werdende Netzqualität durch Geräterückwirkungen wie sie durch Phasenanschnittsteuerung und primärgetaktete Netzgeräte entstehen.
Datapower-USV-Anlagen schützen Ihre Computer vor
- Netzausfall
- Netzverzerrung
- transienter Überspannung
- Netzspannungsschwankungen
DP 10 0,5-2 kVA · DP 100 3-5 kVA · DP 300 10-80 kVA
PEES
PEES GmbH
Ingenieurbüro für
Elektroanlagen
Gustav Adolf Str. 17 b
1120 Berlin
silcon
SILCON GROUP

Inbetriebnahme der KNOSPE im VUW Frankenberg

A. Hain; H. Mahnert; B. Buchholz; Dresden; G. Kretzschmar; H. Tosch; Chemnitz

1. Zielstellung der Erdschlußversuche im Netz Frankenberg

Seit Mai 1987 ist in Frankenberg ein Umspannwerk (110/15 kV) mit mikroelektronischer Leittechnik in Betrieb. Bestandteile dieses Systems sind auch Komponenten zur selektiven Erdschlußbehandlung [1] [2]. Zum rechnerintern realisierten Funktionsumfang gehören unter anderem:

- zweistufiger Nullspannungszeitschutz (Kurzbezeichnung UO)
- Programme zur kurzzeitigen niederohmigen Sternpunkterdung (KNOSPE)
- einstufiger einpoliger Nullstromschutz (IO).

Die Funktionsfähigkeit dieser Komponenten war in verschiedenen Labortests mit simulierten Fehlern und in einem UW in mehrjährigem Testbetrieb überprüft worden.

Darüber hinaus interessierte das Zusammenwirken dieser Programme untereinander und mit Primärgeräten sowie den im Umspannwerk bzw. im Netz installierten klassischen Schutzeinrichtungen unter realen Fehlerbedingungen im Netz.

Zu diesem Zweck wurden Erdschlußversuche mit folgenden Zielen durchgeführt:

1. Ermittlung der Anregebedingungen bei Fehlerorten in einem Netzausläufer (Bild 1, Fehlerort F1)
2. Überprüfung der Selektivität des Schutzes bei Fehlerorten in einem Abgang nahe dem Umspannwerk (F2), im Umspannwerk auf der Mittelspannungssammelschiene (F3) und im Trafobereich (F4).

2. Ausstattung und Betriebsführung

Das 15-kV-Netz Frankenberg ist ein Kabelnetz mit Freileitungsanteil. Es wird kompensiert (normal 10% überkompensiert) betrieben. Für jedes Teilnetz existiert im Rechnersystem ein Regelprogramm, das die Tauchkerne der jeweiligen Erdschlußspule steuert. Übersteigt die Sternpunktspannung den einstellbaren Schwellwert *E1*, verriegelt das UO-Programm die Steuerprogramme für die Sternpunkttrenner und ruft bei Überschreitung des Einstellwertes *E2* das KNOSPE-Schaltprogramm auf. Dieses steuert das jeweils zuständige Schaltgerät der kurzzeitigen niederohmigen Sternpunkterdung. Im Rechner waren IO-Schutzgeräte für die KNOSPE-Widerstände und die Summenströme 3 I0 für alle MS-Einspeisungen implementiert, in den MS-Abgängen Relais RSf5 eingebaut. Der digitale Schutz wirkt nach einem Signalvergleichskriterium im Anlagenbereich selektiv auf Auslösung.

Die Relais RSf5 sind in der Auslösung blockiert und wirken auf Meldung, bis eine Nachrüstung des IO-Schutzes in den Ortsnetzstationen erfolgt ist. Danach ist dann die selektive Auslösung bei Fehlern auch im Netz möglich.

3. Versuchsdurchführung

Gemäß dem Versuchsprogramm wurden UW-nahe und UW-ferne Fehler geschaltet. Diese insgesamt 9 Versuche erfolgten ohne Einschränkung der Versorgungszuverlässigkeit der Abnehmer in einem speziell geschalteten Versuchsnetz.

Für die erste Versuchsserie (Versuche 1 bis 3), ausgelegt als UW-ferne Fehler, wurde ein einpoliger Fehler im Leiter 2 in einem Ausläufer eines Abganges des 15-kV-Freileitungsnetzes eingebaut und die Reproduzierbarkeit des Fehlers und der Systemreaktion geprüft. Das Versuchsnetz war mit 62 A vorbelastet. Der Rechner reagierte folgerichtig mit Auslösung des KNOSPE-Zyklus.

Aus den vom Rechner aufgezeichneten Protokollen ist der zeitliche Verlauf von Spannungs- und Stromgrößen erkennbar. Am Beispiel des Versuchs 3 soll dieser Verlauf erläutert werden (Tafel 1):

Jede Zeile des Meldungsprotokolls ist so aufgebaut, daß in der ersten Spalte das Datum steht, darauffolgend die Uhrzeit, der Ereignisort und in Kurzform das jeweilige Ereignis. Die Protokollierung erfolgt, indem die aktuellste Meldung an oberster Stelle eingetragen wird. Nach Einschalten des Fehlers reagiert der Rechner mit der Ausgabe des Spannungsfehlerprotokolls. Für jeden Leiter wird die Änderung des Spannungswertes vom stationären Ausgangswert auf den neuen stationären Wert mit der Einschwingzeit T angegeben. (Alle Angaben der Strom- und Spannungswerte sind auf Nennwerte bezogen).

Beispielsweise entspricht bei der Darstellung der Leiter-Erde-Spannung die Ausgabe 1.0 dem Nennwert der Spannung, d. h. entsprechend am Wandlerausgang $100\,V/\sqrt{3} = 57{,}7\,V$.

Die folgende Meldung, Nullspannungsschutzauslösung (U0 AUSL), markiert den Aufruf des KNOSPE-Programms und gibt gleichzeitig die Verlagerungsspannung im Anregezeitraum (UA = 0,96 entspricht $0{,}96 \cdot 100\,V = 96\,V$) an. Die Anregung des IO-Schutzes (I0 SA) signalisierte, daß das Einschalten des KNOSPE-Widerstandes ausreichend die Anregungsbedingungen sicherstellte.

Die Meldung über die Einschaltung der KNOSPE erfolgt verzögert und wird 200 ms nach dem Schaltkommando (UO AUSL) ausgegeben. Logisch ist sie bereits nach der Meldung UO AUSL einzuordnen. Für die Meldung KNOSPE AUS gilt das entsprechend.

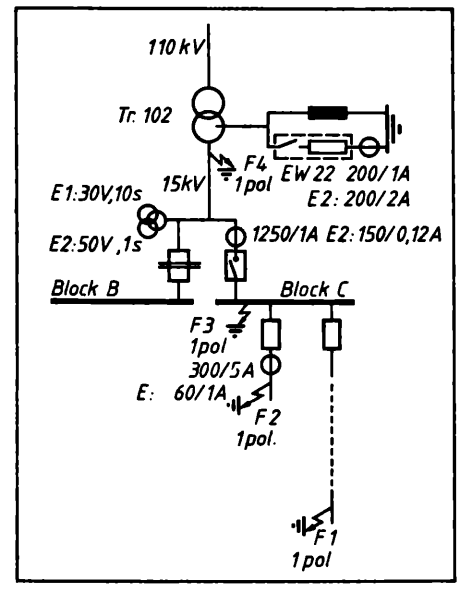
Die Einschaltdauer des Erdschlußwiderstandes beträgt programmgemäß 500 ms.

Der Rückgang der Schutzanregung IO (IO SAR) zeigt den maximalen Fehlerstrom im Anregungszeitraum (IA $0{,}08 \cdot 2\,A$ = 160 mA).

Erfolgt eine Abschaltung, wird der Fehlerstrom zum Kommandozeitpunkt der Schaltgeräte ermittelt und ausgegeben (IAU).

Diese Angabe hat vor allem bei stromstarken mehrpoligen Fehlern

Bild 1. Fehlerorte in den Abgängen



Zur Zeit der Abfassung des Beitrages war *Andreas Hain* Diplomand an der Technischen Universität Dresden, Dr. *Hartmut Mahnert* Forschungsgruppenleiter und Dr. *Bernd Buchholz* Direktor im Institut für Energieversorgung Dresden. *Gerold Kretzschmar* ist Ingenieur für Netzschutz, *Heinz Tosch* ist Gruppenleiter für Netzschutz im Energiekombinat Chemnitz.

Tafel 1. Meldungsprotokoll zu Versuch 3

22.09.87	13.41	Meldungsprotokoll VUW Frankenberg		Seite 1
22.09.	11:12:16:81	15 kV	TR 102	UO SAR UA = 0.96 UAU = 0,79
22.09.	11:12:16:21	15 kV	TR 102	U L2 AUF 1.0 T = 396 MS
22.09.	11:12:16:17	15 kV	TR 102	U L1 AUF 1.0 T = 363 MS
22.09.	11:12:16:15	15 kV	TR 102	U L3 AUF 1.0 T = 363 MS
22.09.	11:12:15:71	15 kV	TR 102	U L2 VON 0.0
22.09.	11:12:15:70	15 kV	TR 102	U L1 VON 1.8
22.09.	11:12:15:69	15 kV	TR 102	U L3 VON 1.5
22.09.	11:12:14:23	15 kV	KNOSPE 22	AUS
22.09.	11:12:14:19	15 kV	TR 102 BL	C IO SAR IA = 0.08 IAU = 0.00
22.09.	11:12:14:19	15 kV	AB 1526 FAERBE SAR	
22.09.	11:12:13:81	15 kV	TR 102	U L3 AUF 1.5 T = 33 MS
22.09.	11:12:13:76	15 kV	AB 1526 FAERBE SA	
22.09.	11:12:13:73	15 kV	KNOSPE 22	EIN
22.09.	11:12:13:68	15 kV	TR 102	U L3 VON 1.8
22.09.	11:12:13:67	15 kV	TR 102 BL	C IO SA
22.09.	11:12:13:53	15 kV	TR 102	UO AUSL UA = 0.96
22.09.	11:12:12:73	15 kV	TR 102	U L3 AUF 1.8 T = 99 MS
22.09.	11:12:12:72	15 kV	TR 102	U L1 AUF 1.8 T = 66 MS
22.09.	11:12:12:64	15 kV	TR 102	U L2 AUF 0.0 T = 0 MS
22.09.	11:12:12:55	15 kV	TR 102	U L1 VON 1.1
22.09.	11:12:12:54	15 kV	TR 102	U L2 VON 1.0
22.09.	11:12:12:53	15 kV	TR 102	U L3 VON 1.0

Tafel 2. Meldungsprotokoll zu Versuch 9

22.09.87	13.41	Meldungsprotokoll VUW Frankenberg		Seite 1
22.09.	13:28:57:66	15 kV	AB 1546 WKW/K2	LS AUS
22.09.	13:28	15 kV	TR 102 U REGEL	U IST 65 %
22.09.	13:28:55:79	15 kV	TR 102	UO SAR UA = 0.96 UAU = 0.96
22.09.	13:28:54:89	15 kV	KNOSPE 22	AUS
22.09.	13:28:54:74	15 kV	TR 102	U L3 AUF 0.0 T = 33 MS
22.09.	13:28:54:72	15 kV	TR 102	U L1 AUF 0,0 T = 0 MS
22.09.	13:28:54:71		UA TRAFO	AUTOM AUS
22.09.	13:28:54:67	15 kV	TR 102 BL B	LS AUS
22.09.	13:28:54:67		TR 102	IO SAR IA = 0,54 IAU = 0.55
22.09.	13:28:54:66	15 kV	TR 102 BL C	LS AUS
22.09.	13:28:54:65	110 kV	TR 102	LS AUS
22.09.	13:28:54:62	0,4 kV	TR 22	U<
22.09.	13:28:54:62	15 kV	TR 102	U L1 VON 1.8
22.09.	13:28:54:61	15 kV	TR 102	U L3 VON 1.8
22.09.	13:28:54:51	110 kV	TR 102	AUSL SCHNELLZEIT
22.09.	13:28:54:39	15 kV	KNOSPE 22	EIN
22.09.	13:28:54:30		TR 102	IO SA
22.09.	13:28:54:19	15 kV	TR 102	UO AUSL UA = 0.96
22.09.	13:28:53:46	15 kV	TR 102	U L1 AUF 1.8 T = 165 MS
22.09.	13:28:53:30	15 kV	TR 102	U L2 AUF 0.0 T = 0 MS
22.09.	13:28:53:30	15 kV	TR 102	U L3 AUF 1.8 T = 0 MS
22.09.	13:28:53:20	15 kV	TR 102	U L2 VON 1.0
22.09.	13:28:53:20	15 kV	AB 1546 WKW/K2	LS EIN
22.09.	13:28:53:20	15 kV	TR 102	U L1 VON 1.0
22.09.	13:28:53:20	15 kV	TR 102	U L3 VON 1.0

große Bedeutung zur Ermittlung der Beanspruchungen der Schaltkontakte.

Das Spannungsfehlerprotokoll zeigt danach schließlich die Abschaltung des Fehlers an und somit wieder den Normalzustand.

Der *UO*-Schutz ist durch eine endliche Rückgangszeit (1s in Tafel 1 und Tafel 2) stabilisiert. Die Meldung über den Rückgang der Anregung (*UO* SAR) enthält die maximalen U_{en}-Spannungen, und zwar *UA* als maximale Verlagerungsspannung im gesamten Anregungszeitraum und *UAU* als maximale Verlagerungspannung während der Einschaltdauer des KNOSPE-Widerstandes.

Sowohl der Fehlerstrom als auch die Reaktion des Rechnersystems waren bei den Versuchen 1 bis 3 gut reproduzierbar (vgl. Bild 3).

Für die Versuchsserie der UW-nahen Fehler wurde in einem Abgang, 50 m vom UW entfernt, ein einpoliger Erdfehler im Leiter 2 eingebaut. Das EIN- und AUS-Schalten des Fehlers erfolgte mit dem Leistungsschalter des Abgangs. Die Versuche erfolgten ohne Vorbelastung des speisenden Transformators. Das Programm Umschaltautomatik Transformator wurde inaktiviert.

In den Versuchen 4 und 5, die bei Wirksamkeit des Abgangsschutzes erfolgten, wurde der Fehler nach Ablauf des KNOSPE-Programmes selektiv gemeldet und als Steuerhandlung mit dem Abgangsleistungsschalter abgeschaltet.

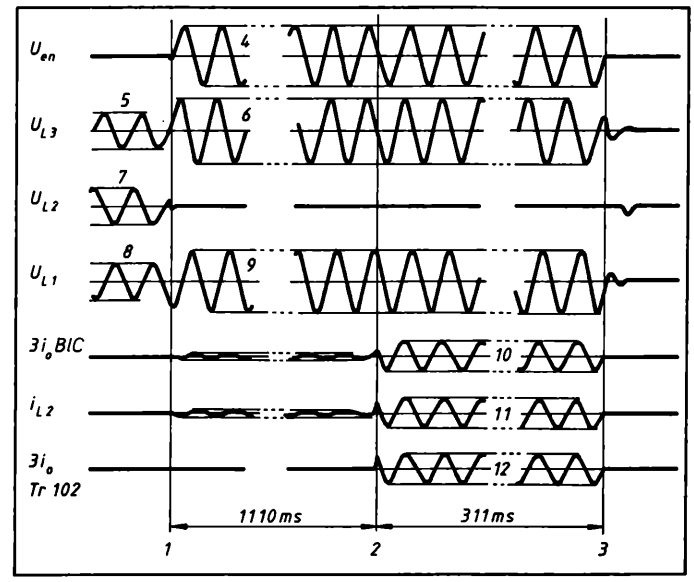


Bild 2. Strom- und Spannunsverläufe Versuch 9
1 Zeitpunkt der Fehlereinschaltung; *2* KNOSPE „EIN"; *3* Fehlerabschaltung durch Leistungsschalter; *4* U_{en} = 98 V; *5* U_{L3} = 59 V; *6* U_{L3} = 105 V; *7* U_{L2} = 60 V; *8* U_{L1} = 60 V; *9* U_{L1} = 106 V; *10* 3IoBLC = 207 mA sekundär/258 A primär; *11* I_{L2} = 210 mA sekundär/262 A primär; *12* 3Io Tr. 102 = 1150 mA sekundär/230 A primär

Zur Simulation eines Anlagenfehlers im MS-Block C wurde im Versuch 6 der Abgangsschutz durch Überbrücken des Nullstromrelais im Abgang unwirksam gemacht.

Es erfolgten Schutzanregungen des Nullstromrelais Block C und im Sternpunkt des speisenden Transformators. Als Ergebnis des Signalvergleiches wurde die MS-Einspeisung Block C selektiv abgeschaltet. Die Auslösung erfolgte in Schnellzeit (die eingestellte Verzögerungszeit betrug 200 ms).

Um die Selektivität des Schutzes nachzuweisen, wurde im Versuch 7 der Schaltzustand geändert, d. h. beide MS-Sammelschienen, Block B und C, an den Transformator geschaltet. Im fehlerfreien Block B erfolgte keine Auslösung.

Zur Erzeugung des Fehlerbildes-Transformatorfehler wurden in den Versuchen 8 und 9 der Abgangsschutz und der der MS-Einspeisung unwirksam gemacht. Das Meldungsprotokoll ist in Tafel 2 ersichtlich (vgl. auch Bild 2). Durch die hohe Zeitauflösung des Spannungsfehlerprotokolls wird wiederum die Eintrittszeit des Fehlers registriert. Danach erscheint die Meldung 15 kV AB 1546 WKW LS EIN. Nach Start des KNOSPE-Programms erfolgt die Auslösung der Leistungsschalter 110 kV und der 15 kV Einspeisungen Block C und B, d. h. allseitige selektive Abtrennung des speisenden Transformators. Der Rechner zeigt in der Meldung UA TRAFO AUTOM AUS den inaktiven Zustand der Umschaltautomatik des Transformators an. Es wird weiterhin der Ausfall des 0,4-kV-Transformators angezeigt mit „*U*<" (Eigenbedarf).

Die Höhe der Spannungsbeanspruchungen in den Leitern, die Verlagerungsspannung U_{en} und die aufgetretenen Nullströme können dem Protokoll entnommen werden.

4. Auswertung

Bei sämtlichen Versuchen erfolgte vom Rechner selbst die Protokollierung aller Schaltstellungsänderungen, aller Schutzmeldungen und des Spannungsfehlerprotokolls. Zusätzlich wurden die Verläufe der Leiterspannungen, der Verlagerungsspannungen, die Nullströme im Sternpunkt des speisenden Transformators und im MS-Abgang Block C digital auf Magnetband für die Vorgangsbibliothek des IEV als Voraussetzung rechnergestützter Schutzprüfungen gespeichert und mittels Lichtlinienschreiber gezeichnet. Diese Schreibstreifen konnten zur Auswertung der Amplituden und zur Gegenüberstellung mit den Rechnerwerten genutzt werden. Die Verläufe von Strom und Spannung der Versuche 9 und 3 sind aus den Bildern 2 und 3 ersichtlich.

Die Unterschiede zwischen den aufgezeichneten und den vom Rechner ausgedruckten Werten lassen sich aus den Ungenauigkei-

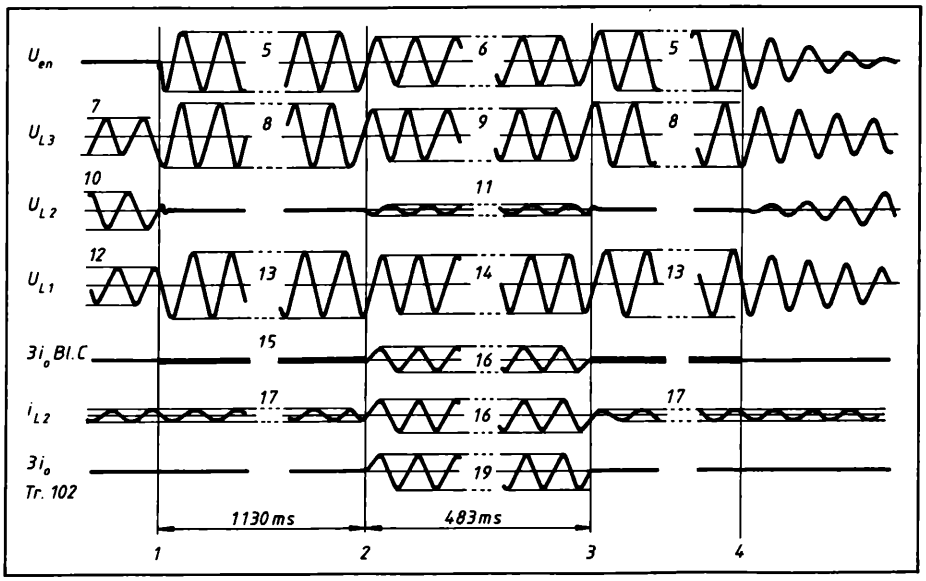


Bild 3. Strom- und Spannungsverläufe Versuch 3
1 Zeitpunkt der Fehlereinschaltung
2 KNOSPE „EIN"
3 KNOSPE „AUS"
4 Fehlerabschaltung
5 U_{en} = 95 V
6 U_{en} = 81 V
7 U_{L3} = 76 V
8 U_{L3} = 106 V
9 U_{L3} = 85 V
10 U_{L2} = 61 V
11 U_{L2} = 20 V
12 U_{L1} = 63 V
13 U_{L1} = 106 V
14 U_{L1} = 101 V
15 3Io BL. C = 35 mA sekundär/44 A primär
16 3Io BL. C = 160 mA sekundär/200 A primär
17 I_{L2} = 53 mA sekundär/66 A primär
18 I_{L2} = 215 mA sekundär/268 A primär
19 3Io Tr. 102 = 990 mA sekundär/198 A primär

ten der graphischen Auswertung von Lichtlinienoszillogrammen und der Auflösungsgenauigkeit der Meßwerterfassung des Rechners erklären.
Die maximale Abweichung betrug bezogen auf den Nennwert 2 A 2,3 % und bezogen auf den niedrigen Einstellwert des digitalen IO-Schutzes 11 %.
Die Versuche belegen, daß niederohmige Fehlerwiderstände sogar in Netzausläufern zur sicheren Anregung des IO-Schutzes auch bei kurzen Einschaltzeiten des KNOSPE-Widerstandes (500 ms) führen.
Die Versuche 1 bis 3 zeigten als UW-ferne Fehler maximal 6 % Abweichung untereinander in den Strom- und Spannungswerten. Die größte Verlagerungsspannung betrug 96 V. Der Nullstrom im 15-kV-Netz lag bei 160 mA im Sekundärkreis, d. h. im Primärzweig 200 A.
Die kurzzeitige Einschaltung des KNOSPE-Gerätes führte bedingt durch die Nullimpedanz des Versuchsnetzes zu einer Spannungsabsenkung in den nichtfehlerbehafteten Leitern gegenüber dem Zeitraum vor der Durchführung des KNOSPE-Zyklusses.
Gleichzeitig wurde die Spannung im Leiter 2 (Fehler) bei Einschaltung des Widerstandes angehoben.
Die Versuche 4 bis 9 dienten der Überprüfung des Signalvergleichs-Kriteriums und der Kontrolle der Selektivität der Auslösungen durch den digitalen Schutz. Es wurden Fehler im Abgang, im Sammelschienenbereich und am Transformator simuliert. Spannungs- und Stromwerte verhielten sich bei allen Versuchen gleich, da keine Änderung des Fehlereinbauortes vorgenommen wurde.
Die Einschaltung des Erdungswiderstandes brachte aufgrund der fehlenden Nullimpedanz keine Veränderung der Spannungswerte. Die im Rechnersystem erfaßten Werte zeigten exakte Reproduzierbarkeit.

5. Schlußfolgerungen

Der Verlauf und die Ergebnisse der Erdschlußversuche können als sehr erfolgreich eingeschätzt werden. Die gewählten Einstellungen des Schutzes erwiesen sich auch bei UW-fernen Fehlern als günstig, Fehler wurden vom Verfahren auch in Netzausläufern zuverlässig erfaßt. Die eingestellten Schwellwerte des IO-Schutzes betragen für die MS-Einspeisungen 150 A (primär) und für die 15-kV-Sternpunkte 200 A (primär).
Die Selektivität des Schutzes im Anlagenbereich ermöglicht die definierte Fehlerabscheidung im betroffenen Anlagenteil und den Aufruf von automatischen Folgeschaltprogrammen zum Betrieb der Anlage unter Umgehung des ausgefallenen Teils.
Die derzeit eingestellten Kommandozeiten des IO-Schutzes sind mit 200 ms zur Schnellstufe des 3-poligen *i*>-Schutzes (Einstellung 100 ms) gestaffelt. Durch die im gesamten Anlagenbereich wirksame schnelle Signalvergleichsstufe des mehrpoligen Schutzes und die Einbeziehung des Transformatorbereiches und der MS-Anlage in den Nullstromschutz werden weitere Fehlerfälle im Anlagenbereich beherrscht. Im Interesse einer raschen Fehlerabschaltung durch den Anlagenschutz im UW-Bereich ist der Einsatz der KNOSPE anzustreben. Wird in Netzen mit Freileitungsanteil die KNOSPE angewendet, ist die Verzögerungszeit des UO-Schutzes mit Abwägen sehr unterschiedlicher Gesichtspunkte zu optimieren, wie Netzfahrweise, Abnehmerstruktur, Ausstattung der Stationen mit Schutz. Zur genaueren Beurteilung der Häufigkeit und Dauer von Erdschlußwischern entsprechend dem aktuellen Netzzustand kann die im Rechner geführte Statistik helfen. Alle Anregungen UO einschließlich Wischer und die „Dauererdschlüsse", die zum Aufruf der KNOSPE führen, werden gezählt. Ergibt sich im konkreten Netz ein Verhältnis der „Dauererdschlüsse" zu den Anregungen klein gegen 1, sollte im Interesse des Anlagenschutzes die Einstellung der Verzögerungszeit verringert werden. Andererseits sollte ein Verhältnis nahe 1 bei gleichzeitig absolut hohen Zahlenwerten Anaß sein, die UO-Verzögerung (VZ2 in [2]) zu vergrößern.
Die Klartextausgabe der Störungsmeldungen mit der hohen Zeitauflösung (10 ms), der Einbeziehung der Fehlergrößen in die Meldung und deren sofortige Verfügbarkeit in der entfernten Netzbefehlstelle schafft wirksame Hilfen zur operativen Fehlerbeseitigung und Fehleraufklärung.

Literatur

[1] *Buchholz, B.; Mahnert, H.; Thämelt, G.*: Automatisierte Betriebsführung vereinfachter 110-kV-Umspannwerke auf der Basis von Mikrorechnersystemen. *ELEKTRIE*, Berlin 39 (1985) 7, S. 245–248
[2] *Mahnert, H.*: Komponenten des digitalen Anlagenschutzes im Leitsystem für vereinfachte Umspannwerke 110-kV-MS. *ELEKTRIE*, Berlin 42 (1988) 2, S. 50–53
[3] *Kretzschmar, G.*: Versuchsprogramm: KNOSPE im 15-kV-Netz VUW Frankenberg. Energiekombinat Karl-Marx-Stadt, Ab. PBE

EA 6156

efa '90

Fachausstellung für Elektrotechnik und Elektronik
Zeit: 3. bis 5. Oktober 1990
Ort: Erfurt

- Elektroinstallationssysteme
- Elektroinstallateur-Handwerk

Anfragen
FBT Gesellschaft zur Durchführung von Ausstellungen und Kongressen mbH
Wasserhohl 55, Postfach 1561
D-6702 Bad Dürkheim
Telefon 06322–8602
Telefax: 06322–8828

Die Redaktion

Erfahrungen beim Betrieb von Mikro-Rechnersystemen in Umspannwerken

H. Mahnert, Dresden; R. Preußler, Freiberg

Grundlage dieser Betrachtung ist die integrierte mikroelektronische Leittechnik für Umspannwerke mit vereinfachter 110-kV-Schaltanlage (IMEL – VUW 110kV-MS). Dieses System [1] [2] wurde im Institut für Energieversorgung Dresden gemeinsam mit dem VEB Energiebau Dresden und mit Beteiligung des VEB Energiekombinates Karl-Marx-Stadt entwickelt. Das erste mikroelektronisch gesteuerte Umspannwerk in der DDR ging im Mai 1987 in Frankenberg ans Netz. Da es bereits beim Erstanwendungsvorhaben gelang, zahlreiche Funktionen in ökonomischer Weise im System zu realisieren (Tafel 1), sind auch die Erfahrungen vielfältig.

1. Inbetriebsetzung der Leittechnik im UW

Die Montage, Inbetriebnahme und Funktionserprobung erfolgten in einem Zeitraum von fünf Monaten. Dieser bei einem Erstanwendungsvorhaben kurze Zeitraum konnte unter anderem durch vorangehende Labortests des Systems erreicht werden. Neben dem Funktionsnachweis aller Systemelemente, der funktionsbezogen geführt wurde, erfolgte im Inbetriebsnahmezeitraum auch eine einwöchige Ausbildung des Personals des Betreibers, vorwiegend praktisch orientiert, mit Demonstrationen und Übungen an der noch spannungsfreien Anlage. Eine große Akzeptanz für die neuartige Bedientechnik war sofort zu erkennen. Diese Erfahrung wurde beim Betrieb mit angeschaltetem Netz bestätigt, auch von Bedienern, die vorher noch keine Beziehung zur Rechentechnik hatten. Die Realisierung der Bedienerführung im Dialog mit nutzerorientierten Menüs zahlte sich aus.

2. Betriebsführung

Mit dem ersten mikroelektronisch gesteuerten 110-kV-VUW wurde eine Anlage übergeben, die eine neue Qualität, besonders auf dem wichtigen Gebiet der Fernwirktechnik, aufweist.
Bezog sich die konventionelle Fernwirktechnik in der Hauptsache auf das Steuern von Leistungsschaltern und einiger ausgewählter Trenner sowie das Übertragen von Meßwerten, so ist mit dieser neuen Technik eine komplette Betriebsführung von der Netzbefehlsstelle aus möglich. Der Netzdispatcher hat jetzt die Möglichkeit, in dem Umspannwerk

- die automatischen Spannungsregler der Transformatoren ein- und auszuschalten
- alle Leistungsschalter und Trenner, einschließlich aller Sternpunkt-Trenner, zu steuern
- erforderliche Transformatorenstufungen durchzuführen
- die Umschalt- und KNOSPE-Automatiken zu bedienen
- die Erdschluß-Drosseln zu stufen; selbst die Aufnahme von Resonanzkurven ist möglich
- die Umschaltung des Eigenbedarfs zu realisieren
- die benötigten Meßwerte abzufragen.

Tafel 1. Zuständigkeiten in der anlagen- und funktionsbezogenen Struktur des Mehrmikrorechnersystems für VUW 110 kV

Funktionskomplex	Ebene 1 (mit Redundanz)	Ebene 2 (ohne Redundanz)
1. Nah- und Fernwirkfunktionen: – Prozeßabbildung – Steuern – Messen (U, I)	für 110 kV-Anlage 110 kV/MS Transformatoren MS-Sammelschienen Sternpunktanlagen Eigenbedarfseinspeisungen	für Erdschlußlöschspülen Berechnung abgeleiteter Betriebswerte (P, Q, f, $\cos\varphi$)
2. Meldung und Protokollierung	Meldungsprotokoll mit Auswahl: – Betriebsprotokoll – Schutzmeldungen – Bedienhandlungen – Schaltstellungsänderungen – Prüfmeldungen – Diagnosemeldungen – Spannungsfehler Sofortmeldungen aktuelle Störungen Erdschlußstatistik	Belastungsgang Transformatoren Höchstbelastung MS-Abgänge
3. Automatisierung	Schaltsequenzen auf Befehl Schaltsequenzen nach Ausfällen (Aktivierung Störungsreserve) Spannungsregelung	Kompensationsgradregelung
4. Schutz	Signalvergleichsschutz mit integrierter Zweitstufe – MS-Sammelschienen $I >$ und 310 – Reserveschutz OS Transformatoren $I >$ – US Transformatoren 310 Nullspannungsschutz KNOSPE-Automatik	automatische Frequenzentlastung frequenzabhängige automatische Wiedereinschaltung
5. Weitere Funktionen	• Parametrieren der digitalen Schutz- und Automatisierungsfunktionen • Prüfroutinen für Schaltgerätesteuerungen, digitalen Schutz u. a.	Berechnung Heißpunkttemperatur

2.1. Beherrschung von Störungen

Eingetretene Störungen im 15-kV-Versorgungsnetz des Umspannwerkes konnten mit Hilfe dieser neuen Technik schneller lokalisiert, die Unterbrechungsdauer gesenkt und damit volkswirtschaftliche Schäden und Verluste reduziert und Einschränkungen bei den Tarifabnehmern gemindert werden. Besonders der „Digitale Schutz", dazu gehören

- der zweistufige dreipolige Maximalstromzeitschutz *(I>)*
- der einstufige einpolige Maximalstromzeitschutz *(IO)*
- der zweistufige einpolige Nullspannungszeitschutz *(UO)*

bietet neue Möglichkeiten an.
Die Vielfalt möglicher Störungsabläufe und deren rechnergestützte Beherrschung ist hier nicht umfassend darzustellen. Die Wirkungen der Leittechnik reichen von automatischen Programmfolgen (Bereich ms bis s) bis hin zur wirksamen Unterstützung der Handlungsfähigkeit des Dispatchers (Reaktionsmöglichkeit im min-Bereich). Vier Ausschnitte aus Meldungsprotokollen der Netzbefehlsstelle sollen als Beispiele dienen (siehe Tafel 2 bis Tafel 5), wie auf Störungssituationen schnell reagiert werden kann und eine hohe Handlungssicherheit mittels präziser Informationen erreicht wird (Tafel 2).
Die Spannungsanhebung auf den nicht betroffenen Leitern führt für das Netz zu erheblichen Beanspruchungen, auch im Fall selbstlöschender Erdschlüsse. Die Meldung sowie die Zählung (einschließlich kurzer Wischer) verbessert die Möglichkeit, diese Fehler im Netz zu lokalisieren (Tafel 3).
An Hand der Zeitdifferenz des Digitalschutzes (Schutzanregung TR 101 BL D bis Rückgang der Schutzanregung) in unserem Beispiel 0,18s, kann unter Zuhilfenahme des Staffelplanes (im UW Frankenberg sind alle 15-kV-Abgänge mit Distanzschutz ausgerüstet) und des maximal geflossenen Kurzschlußwechselstromes, bereits der Fehlerort relativ genau bestimmt werden (Tafeln 4 und 5).
Diese Beispiele zeigen, daß durch das detaillierte Meldungsprotokoll der Netzdispatcher sofort mit einer gezielten Störungseingrenzung im Netz beginnen kann, eine UW-Besetzung ist nicht mehr erforderlich.

Dr. rer. nat. *Hartmut Mahnert* war z. Z. der Abfassung des Beitrages Forschungsgruppenleiter für Umspannautomatisierung im Institut für Energieversorgung Dresden. Ing. *Reiner Preußler* ist Leiter der Netzbefehlsstelle Freiberg im Energiekombinat Chemnitz.

Tafel 2. UW Frankenberg 15-kV-Erdschluß
Meldungsprotokoll in der Netzbefehlsstelle (1. Beispiel)

	Tag	Zeit
1.	22.09.	12:56:53:77 FRA 15 kV TR 102 U L3 VON 1.0
2.	22.09.	12:56:53:78 FRA 15 kV TR 102 U L1 VON 1.0
3.	22.09.	12:56:53:78 FRA 15 kV TR 102 U L2 VON 1.0
4.	22.09.	12:56:53:88 FRA 15 kV TR 102 U L2 AUF 0.0 T = OMS
5.	22.09.	12:56:53:97 FRA 15 kV TR 102 U L3 AUF 1.8 T = 99 MS
6.	22.09.	12:56:54:01 FRA 15 kV TR 102 U L1 AUF 1.8 T = 132 MS
7.	22.09.	12:56:54:76 FRA 15 kV TR 102 UO AUSL A = 0.97
8.	22.09.	12:56:54:97 FRA 15 kV KNOSPE 22 EIN
9.	22.09.	12:56:54:98 FRA 15 kV TR 102 BL C IO SA
10.	22.09.	12:56:55:01 FRA 15 kV AB 1526 WKW SA
11.	22.09.	12:56:55:47 FRA 15 kV KNOSPE 22 AUS
12.	22.09.	12:56:55:49 FRA 15 kV AB 1526 WKW SAR
13.	22.09.	12:56:55:52 FRA 15 kV TR 102 BL C IO SAR A = 0.10 AU = 0.00

Erklärungen

zu 1 bis 5: Im Spannungsfehlerprotokoll vom 22. 09. 12 Uhr 56 min 53 s 770 ms bricht die Spannung L2 – E verzögerungsfrei (T = 0 ms) auf 0 % des Nennwertes ein (Erdschluß L2), während sich ein stationärer Fehlerzustand nach 99 ms in L3 und nach 132 ms in L1 mit jeweils 180 % Spannungsbeanspruchung dieser Leiter einstellt.
zu 7: Für das 15-kV-Netz des TR 102 wird nach der als Parameter eingegebenen Verzögerungszeit von 1 s Erdschluß mit nahezu vollständiger (97 %) Sternpunktverlagerung gemeldet.
zu 8–10: Nachdem die KNOSPE-Automatik den Erdwiderstand zugeschaltet hat, wird vom speisenden Block und vom Abgang der Nullstromschutz angeregt und damit der erdschlußbehaftete Abgang selektiv ermittelt.
zu 13: Vom digitalen Schutz wird der max. geflossene Erdkurzschlußstrom registriert. A = 0.10 (0.10 : 2 A : 1250/1 = 250 A)
Bezogen auf das UW Frankenberg handelt es sich um einen UW-nahen Erdschluß im 15 kV-Abgang 1526 WKW. Der selektive Anlagenschutz. (Einspeisung Bereich C) löst nicht aus, d. h. AU = 0.

Tafel 3. Kurzzeitiger Fehler im 15-kV-Netz
Meldungsprotokoll in der Netzbefehlsstelle (2. Beispiel)

	Tag	Zeit
1.	08.10.	12:56:50:39 15 kV TR 102 U L1 VON 1.0
2.	08.10.	12:56:50:40 15 kV TR 102 U L2 VON 1.0
3.	08.10.	12:56:50:40 15 kV TR 102 U L3 VON 1.1
4.	08.10.	12:56:51:38 15 kV TR 102 UO AUSL A = 0.98
5.	08.10.	12:56:51:58 15 kV TR 102 BL C IO SA
6.	08.10.	12:56:51:58 15 kV KNOSPE 22 EIN
7.	08.10.	12:56:51:59 15 kV AB 1526 FAERBE SA
8.	08.10.	12:56:51:66 15 kV TR 102 U L2 AUF 1.5 T > 765 MS
:		
9.	08.10.	12:56:52:09 15 kV KNOSPE 22 AUS
10.	08.10.	12:56:52:10 15 kV AB 1526 FAERBE SAR
11.	08.10.	12:56:52:11 15 kV TR 102 BL C IO SAR A = 0.06 AU = 0.00
12.	08.10.	12:56:52:80 15 kV TR 102 U L3 AUF 1.1 T > 765 MS
13.	08.10.	12:56:52:93 15 kV TR 102 U L2 AUF 1.1 T > 765 MS
14.	08.10.	12:56:53:03 15 kV TR 102 U L1 AUF 1.1 T > 765 MS
15.	08.10.	12:56:53:41 15 kV TR 102 UO SAR A = 0.98 AU = 0.60

zu 7: Freileitungsabgang 1526 ist fehlerbehaftet.
zu 10 bis 15: Die Meldungen weisen die Normalisierung aus. Die Sternpunktverlagerungsspannung sank während der KNOSPE von 98 % auf 60 % bei 3 IO = 150 A (Punkt 11).

2.2. Die Arbeit mit den Prozeßabbildern

Zur Steuerung des Umspannwerkes und des Netzes werden dem Netzdispatcher drei verschiedene Prozeßabbilder (PA) angeboten.

PA 1: Das Bild 1 zeigt den Schaltzustand der 110-kV-Schaltanlage, der MS-Einspeisungen und -Kupplungen, des Eigenbedarfs sowie der 110-kV- und MS-Sternpunktanlagen.

Tafel 5. Auslösung eines 15-kV-Abganges in einer Transformatorstation
Meldungsprotokoll in der Netzbefehlsstelle – Betriebsprotokoll – (4. Beispiel)

Tag	Zeit
28.07.	15:23:51:34 FRA 15 kV TR 101 BL A I > L3 SA
28.07.	15:23:51:34 FRA 15 kV TR 101 BL A I > L2 SA
28.07.	15:23:51:37 FRA 15 kV AB 1503 SA
28.07.	15:23:51:44 FRA 110 kV TR 101 I > SA
28.07.	15:23:52:16 FRA 15 kV AB 1503 SAR
28.07.	15:23:52:17 FRA 110 kV TR 101 I > SAR
28.07.	15:23:52:17 FRA 15 kV TR 101 BL A I > L3 SAR A = 0.16; AU = 0.00
28.07.	15:23:52:17 FRA 15 kV TR 101 BL A I > L2 SAR A = 0.16; AU = 0.00

Bei dieser Störung wurde nur das Betriebsprotokoll selektiv aufgerufen. Damit wird das Spannungsprotokoll unterdrückt. An Hand dieser Aufzeichnung ist ersichtlich, daß es sich hier um eine LS-Auslösung im Netz handelt.
Der digitale Schutz bringt eine Laufzeit von 0.83 s; es handelt sich um einen 2-poligen Kurzschluß L2 – L3, der max. geflossene Kurzschlußwechselstrom betrug 4.0 kA.
Dem Netzdispatcher wird damit die Möglichkeit gegeben, die Trafostation zu bestimmen, in der ein Leistungsschalter ausgelöst haben muß, ohne daß die Stationen mit Fernwirktechnik ausgestattet sind.

Tafel 4. Auslösung eines 15-kV-Abganges im UW
Meldungsprotokoll in der Netzbefehlsstelle (3. Beispiel)

	Tag	Zeit
1.	06.06.	08:58:11:73 FRA 15 kV TR 101 U L2 VON 1.1
2.	06.06.	08:58:11:73 FRA 15 kV TR 101 U L1 VON 1.1
3.	06.06.	08:58:11:74 FRA 15 kV TR 101 U L3 VON 1.0
4.	06.06.	08:58:12:71 FRA 15 kV TR 101 UO AUSL A = 0.86
5.	06.06.	08:58:12:91 FRA 15 kV KNOSPE 21 EIN
6.	06.06.	08:58:12:92 FRA 15 kV AB 6201 SA
7.	06.06.	08:58:12:93 FRA 15 kV TR 101 U L1 AUF 0.6 T > 765 MS
8.	06.06.	08:58:12:94 FRA 15 kV TR 101 U L3 AUF 1.3 T > 765 MS
9.	06.06.	08:58:13:03 FRA 15 kV TR 101 U L2 AUF 1.2 T > 765 MS
10.	06.06	08:58:13:19 FRA 15 kV TR 101 BL D I > L3 SA
11.	06.06.	08:58:13:19 FRA 15 kV TR 101 BL D I > L1 SA
12.	06.06.	08:58:13:20 FRA 15 kV TR 101 U L3 VON 1.3
13.	06.06.	08:58:13:27 FRA 110 kV TR 101 I > SA
14.	06.06.	08:58:13:31 FRA 15 kV SF
15.	06.06.	08:58:13:34 FRA 15 kV TR 101 U L1 VON 0.6
16.	06.06.	08:58:13:34 FRA 15 kV AB 6201 LS AUS
17.	06.06.	08:58:13:37 FRA 15 kV TR 101 BL D I > L1 SAR A = 0.12 AU = 0.00
18.	06.06.	08:58:13:37 FRA 15 kV TR 101 BL D I > L3 SAR A = 0.12 AU = 0.00
19.	06.06.	08:58:13:37 FRA 15 kV AB 6201 SAR
20.	06.06.	08:58:13:38 FRA 110 kV TR 101 I > SAR
21.	06.06.	08:58:13:39 FRA 15 kV TR 101 U L2 VON 1.2
22.	06.06.	08:58:13:41 FRA 15 kV KNOSPE 21 AUS
23.	06.06.	08:58:14:17 FRA 15 kV TR 101 U L3 AUF 1.1 T > 765 MS
24.	06.06.	08:58:14:17 FRA 15 kV TR 101 U L1 AUF 1.0 T > 765 MS
25.	06.06.	08:58:14:32 FRA 15 kV TR 101 U L2 AUF 1.0 T > 765 MS
26.	06.06.	08:58:14:49 FRA 15 kV TR 101 UO SAR A = 0.86 AU = 0,41

zu 1–9: Selektive Ermittlung, daß der 15-kV-Abgang 6201 erdschlußbehaftet ist.
zu 10–11: Erdschluß weitet sich nach 1.46 s zum 2-poligen Kurzschluß aus.
zu 14: Der 15-kV-Abgang 6201 bekommt das AUS-Kommando.
zu 17–18: Mit der LS-Auslösung 6201 wird die fehlerbehaftete Leitung abgeschaltet.
no. 17–18: Vom digitalen Schutz werden der max. geflossene Kurzschlußwechselstrom und die fehlerbehafteten Leiter erfaßt. (0.12 : 20 A : 1250/1 = 3.0 kA)
zu 23–25: Die Leiter-Erdespannungen schwingen sich in einer Zeit größer als die Feinzeitgrenze 765 ms auf Nennspannung ein.
zu 26: Der Erdschluß im 15-kV-Netz TR 101 ist beendet, es trat eine max. Sternpunktverlagerungs-Spannung von 86 % auf, während der Einschaltzeit des KNOSPE-Widerstandes betrug sie max. 41 %.

PA 2: Es wird der Schaltzustand der MS-Einspeisung, der MS-Kupplung und der MS-Abgänge abgebildet (Bild 2).

PA 3: In diesem Bild 3 sind der Schaltzustand und zusätzlich Meßwerte der 110-kV-Schaltanlage, der MS-Einspeisung und -Kupplungen, der Schaltzustand des Eigenbedarfes und die Transformatoren-Stufenstellungen ersichtlich.

Die Darstellung der Schaltgeräte in den PA 1 bis 3 ist aus der Sicht des Dispatchers gut gelöst, die gebotene Übersichtlichkeit garantiert ein schnelles Erfassen des Schaltzustandes. Auch die Ansteuerung der Schaltgeräte ist logisch aufgebaut und bietet dem Netzdispatcher eine hohe Handlungssicherheit.

Für die Netzsteuerung hat sich das PA 3 besonders bewährt. Von den Knotenpunkten der 110-kV-Schaltanlage und der MS-Einspeisungen werden die Leiter-Erde-Spannungen, die verketteten Spannungen und die Ströme der Transformatoren und Kupplungen ständig aktuell (auch in der Netzbefehlssprache) nachgeführt und ausgegeben. Dem Dispatcher steht damit vom angewählten Umspannwerk ein komplettes aktuelles Leistungsflußbild zur Verfügung. Das angeschaltete MS-Netz wird zur Einhaltung des Erdschlußreststromes von Kompensationsgrad-Reglern überwacht und, wenn erforderlich, automatisch nachgeregelt. Auch die weiteren der Meßwertdarstellung dienenden Prozeßabbilder stellen aus der Sicht des Netzdispatchers ein Optimum dar:

PA 4: MS-Einspeisungen (Bild 4)
- Es werden je Einspeisung die Wirk- und Blindleistung, verkettete Spannungen, die Leiter-Erde-Spannungen, die Ströme in L1 bis L3 sowie ferner die Sternpunktspannungen und die Einstellwerte der Erdschlußdrosseln dargestellt.

PA 5: Strom der MS-Abgänge (Bild 5)
- Die Ströme im L2 für alle MS-Abgänge werden angezeigt.

PA 6: Höchststromwerte (Bild 6)
- Die größten Vietel-Stunden-Mittelwerte aller MS-Abgänge. Jeder Wert kann rückgesetzt werden, so daß die Berechnung mit aktuellen Werten neu beginnt. Die Ausgabe enthält Zeit und Datum des Neubeginns.

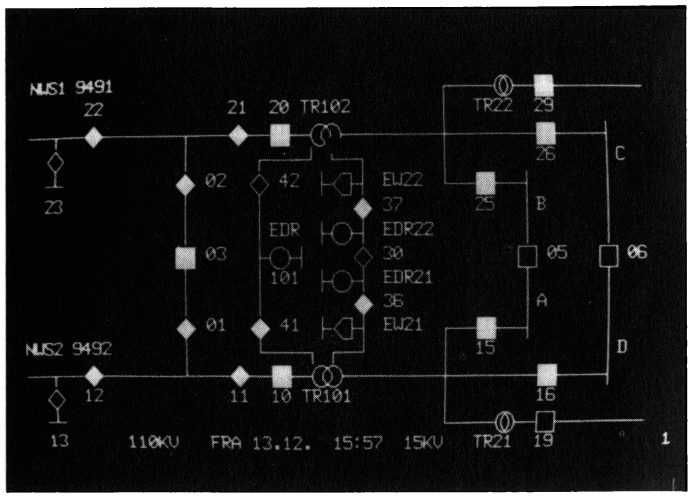


Bild 1. Schaltzustandsabbild des Hauptteils der Schaltanlage

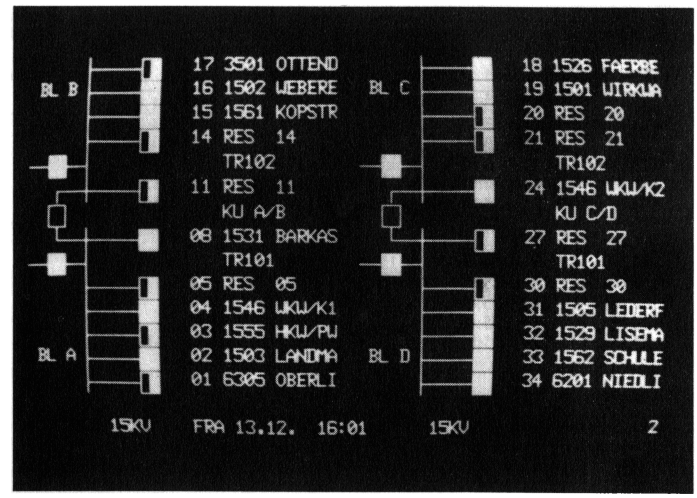


Bild 2. Schaltzustand der Mittelspannungsabgänge

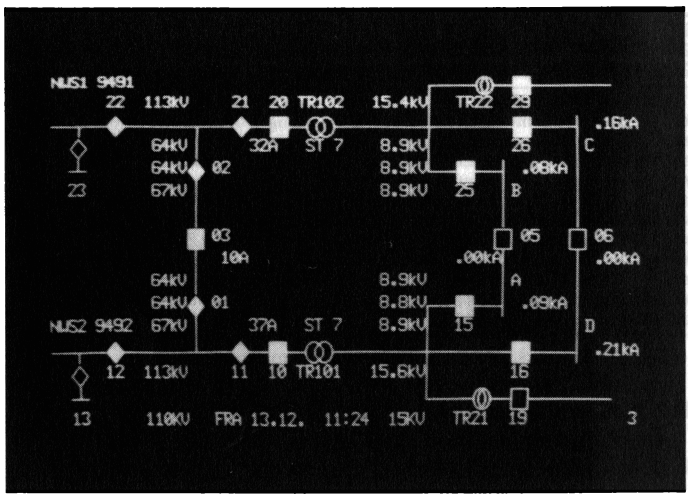


Bild 3. Prozeßabbild mit aktuell nachgeführten Meßwerten und dem Schaltzustand der Hauptanlage

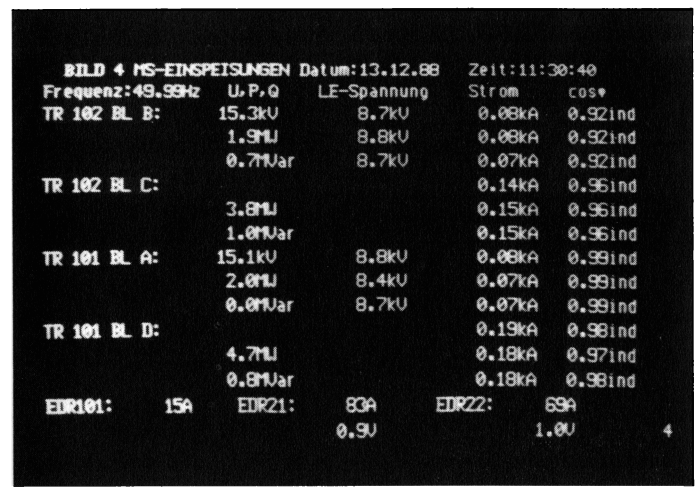


Bild 4. Meßwertübersicht der 15-kV-Netze

Über einen Zeitraum von 48 Stunden werden im Rechner der NBS die Halbstunden-Mittelwerte der Wirk- und Blindleistung der MS-Einspeisung und die Ströme (L2) aller MS-Abgänge gespeichert. Sie können über Bildschirm oder Drucker ausgegeben werden und erweitern somit noch die Arbeitsmittel für die Netzsteuerung. In diesem Sinne kann auch das Prozeßabbild 7 mit den Leistungsfaktoren der MS-Abgänge genutzt werden.

3. Systemzuverlässigkeit

Im Entwurf des Systems sind zwei Ebenen vereinbart: ein Teilsystem, dessen zeitweiliger Ausfall toleriert werden kann sowie ein gedoppeltes Teilsystem mit hoher Verfügbarkeit (automatischer Umweisung nach Ausfall) für alle wichtigen Funktionen. Im Zeitraum von 18 Monaten gab es keinen Ausfall des gedoppelten Teilsystems, wohl aber Betriebsunterbrechungen einzelner Rechner (Dauer Sekunden bis Stunden; Verfügbarkeit 99 %), in der Mehrzahl nicht ausfallbedingt, sondern durch geplante Ergänzungen der Hard- oder Software und durch Prüfungen. Das Doppelrechnersystem erwies seine Nützlichkeit auch bei solchen Gelegenheiten, da die wichtigen Schutz-, Regel- und Automatisierungsfunktionen über den ganzen Zeitraum unterbrechungsfrei verfügbar blieben (Verfügbarkeit 100 %).
Das Autodiagnosesystem erkannte alle Ausfälle und veranlaßte differenzierte Reaktionen einschließlich Fernmeldung. Hinsichtlich der Fehlerarten dominierten Speicherfehler (75 %) vor Ausfällen von Stromversorgungsmodulen (13 %), wobei bezogen auf gleiche Speichergröße zwischen C-MOS-RAM und PROM ein Verhältnis 3 : 2 der Ausfälle auftrat.

4. Weiterentwicklung des Systems

Gegenwärtig befinden sich mehrere Umspannwerke im Bau oder in der Projektvorbereitungsphase, die mit integrierter mikroelektronischer Leittechnik ausgestattet werden. Für diese Umspannwerke ist eine Erweiterung der Leittechnik vorgesehen, um projektspezifische Anforderungen – z. B. eine Erweiterung der Anzahl der im Rechnersystem realisierten Schutzeinrichtungen, der Zahl der Mittelspannungsebenen und der Betriebsart der MS-Anlage mit Auswirkungen auf zahlreiche Funktionen (KNOSPE, Spannungsregelung, Kompensationsgradregelung, Prozeßabbilder usw.) – vornehmen zu können, ferner einige zusätzliche Funktionen anbieten zu können und um aus den bisherigen Betriebserfahrungen resultierende Verbesserungen umfangreicherer Art zu realisieren.

4.1 Schaltfehlerschutz

Die klassischen Verriegelungsbedingungen gegen Einschalten von Leistungsschaltern (LS) bei Störstellung von Trennern (T), gegen T-Betätigung bei LS-EIN oder Störstellung, gegen Schließen von T bei Erdungstrenner (ET)-EIN und umgekehrt, gegen Betätigung von Sternpunkt-T bei Erdschluß im betreffenden Netz werden erweitert durch Verriegelungen innerhalb des Anlagenbereichs

1. nach Auslösung des zum Anlagenbereich gehörenden Selektivschutzes gegen Einschalten von LS und Schließen von T
2. nach Kommandoeingabe „Anlagenbereich gestört" gegen alle Schalthandlungen
2. nach Erdung im Anlagenbereich gegen Schließen der T,

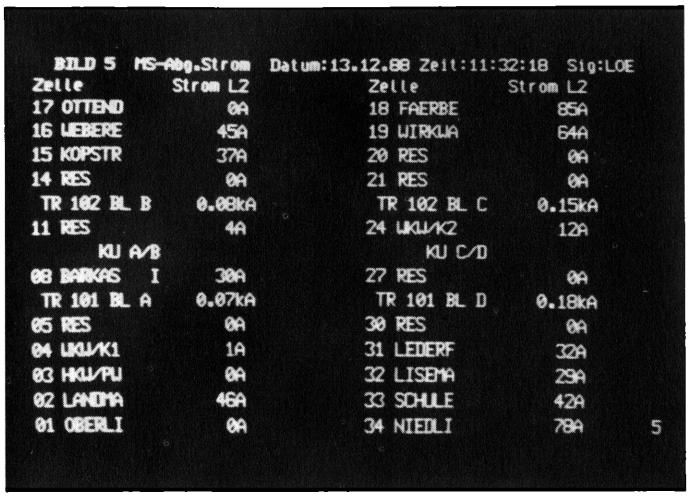


Bild 5. Ströme der MS-Abgänge

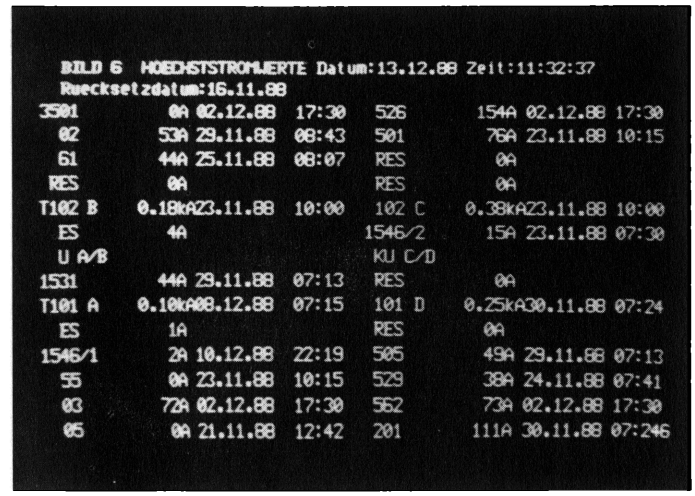


Bild 6. Übersichtsbild über Höchstlasten mit den zugehörigen Zeiten ihres Auftretens

wobei der Rechner bei Beginn des Einbaus der ersten EuK-Einrichtung bzw. vor Schließen des ET die Erfüllung der Freischalt-Bedingungen prüft. Diese Prüfung erfolgt übergreifend in den angrenzenden Anlagenbereich, sobald an einer Trennstelle die Bedingung verletzt ist.
Alle diese zusätzlichen Verriegelungen werden in den Prozeßabbildern angezeigt und bei Verriegelung nach 3. wird ein zusätzliches Kennzeichen in den Anlagenbereichen gesetzt. Verriegelungen nach 1. und 2. können über Kommandoeingabe „Anlagenbereich betriebsfähig" rückgängig gemacht werden (auch über Fernbedienung), nicht jedoch nach 3., bei dem das nur automatisch nach Ausbau der letzten Erdungs- und Kurzschließeinrichtung im Anlagenbereich bzw. Öffnen des letzten ET erfolgt.

4.2. Umschaltautomatiken und Folgeschaltungen

Diese Automatisierungsfunktionen sind nicht einfache Aneinanderreihungen von Einzelschalthandlungen, sondern besonders problemreich. Stets sind mehrere – oftmals auch zahlreiche – Zeitkonstanten der verschiedenartigen Schaltgeräte, die fehlende Selektivität des Schutzentscheids zwischen oberspannungsseitigen Knoten und den Leitungen, das Einschwingen von Spannungen oder transiente Ströme (einschließlich der Überfunktion des Differenzialschutzes) sowie das Eintreten von nicht erwünschten anderen Ereignissen, wie Erdschlüsse von Bedeutung, was im Labor nicht umfassend simuliert werden kann. Die wünschenswerten Erweiterungen und Verbesserungen führten dazu, daß der gesamte Programmkomplex strukturell überarbeitet wird und in erweitertem Umfang erst bei Nachfolgeprojekten verfügbar ist:
- Umschaltautomatikfunktionen für Ausfall von Anlagenteilen entsprechend den Schutzbereichen Leitung, Trafo, MS-Block, Eigenbedarf
- Sammelschaltkommandos für rechnergesteuerte Schaltfolgen für eine große Zahl von Standartschaltzuständen, jeweils mit Berücksichtigung
  - der im Abschnitt 4.1. genannten Bedingungen (Verriegelung von Anlagenbereichen)
  - des Eintretens neuer Bedingungen, wie Schutzauslösung, Erdschlüsse usw. während der Schaltfolge
  - verschiedener Betriebsweisen der MS-Netze
  - der Sternpunktbehandlung und
  - voller Fernbedienung.

4.3. Automatische Frequenzentlastung (AFE)

Ein zusätzlicher ins System eingefügter Einplatinenrechner ergänzt den Funktionsumfang um AFE und FAWE (frequenzabhängige automatische Wiedereinschaltung). Folgende Entwicklungsziele werden realisiert:
- schnelle Frequenzmessung (100 ms) bei geringem Meßfehler (0,5 %)
- Parametrierbarkeit von bis zu 8 Frequenzschwellwerten und zugehörigen Verzögerungszeiten
- zusätzliche Bestimmung des Frequenzgradienten zur wahlweisen Beeinflussung der Frequenzschwellen oder Verzögerungszeiten
- Zuordnung der Abgangsnummern zu den Abwurfstufen als frei wählbarer Parameter
- Möglichkeit der indirekten Zuordnung der abzuwerfenden Abgänge durch Vorgabe der Abwurf-Leistung
- Möglichkeit der frequenzabhängigen Wiedereinschaltung nach Überschreitung von Frequenzschwellen und dazugehöriger Verzögerungszeit
- Möglichkeit zur vollständigen Fernparametrierung.

5. Zusammenfassung

Am 29. 05. 1987 wurde das 110/15-kV-Umspannwerk Frankenberg ans Netz geschaltet. Es ist das erste mikroelektronisch gesteuerte VUW der DDR. Damit wurde ein Prototyp für Umspannwerke geschaffen, der durch eine neue Generation Sekundärtechnik auf mikroelektronischer Basis gekennzeichnet ist. Der rechnergestützte Betrieb des UW Frankenberg ermöglichte eine verbesserte Betriebsführung bei hoher Handlungssicherheit. Mit dem mikrorechnergesteuerten UW Frankenberg wurde dem Energiekombinat eine Anlage übergeben, die den wachsenden Ansprüchen an die Betriebsführung voll gerecht wird.
Die respektablen Verfügbarkeitsangaben belegen, daß es heute möglich ist, auch komplexe Anlagen und umfassende Prozesse zuverlässig mit Mikrorechnersystemen zu steuern.

Literatur

[1] *Buchholz, B.; Mahnert, H.; Thämelt, G.:* Automatisierte Betriebsführung vereinfachter 110-kV-Umspannwerke auf Basis von Mikrorechnersystemen. ELEKTRIE, Berlin 39 (1985) 7, S. 245-248
[2] *Mahnert, H.:* Komponenten des digitalen Anlagenschutzes im Leitsystem für vereinfachte Umspannwerke 110-kV-Mittelspannung. ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 2, S. 50-53
[3] *Hain, A.; Mahnert, H.; Buchholz, B.; Kretzschmar, G.; Tosch, H.:* Inbetriebnahme der KNOSPE im VUW Frankenberg. ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 8, S. 303-305
[4] *Buchholz, B.; Kreuzer, E.; Mahnert, H.; Thämelt, G.; Tscheschner, Chr.:* Methoden der Zuverlässigkeitssicherung integrierter mikroelektronischer Leitsysteme für VUW 110 kV. ELEKTRIE, Berlin 42 (1988) 7, S. 256-260
[5] *Ritter, W.; Mahnert, H.; Thämelt, G.; Tosch, H.:* Bedienhandbuch mikroelektronische Leittechnik für VUW 110-kV-MS und Netzbefehlsstelle. Institut für Energieversorgung Dresden, 20. 7. 1987
[6] *Buchholz, B.:* Mikroelektronische Leittechnik für vereinfachte 110-kV-Umspannwerke. Energietechnik 38 (1988) 8, S. 288-293

EA 6067

Elektrodendimensionierung von Hochspannungs-Prüfanlagen mittels numerischer Feldberechnung

S. Rausendorf, KDT, Dresden
Mitteilung aus der Transformatoren- und Röntgenwerk GmbH Dresden

Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. *D. Schaller*
zum 60. Geburtstag

Der Trend zu immer höheren Übertragungsspannungen von Elektroenergiesystemen erfordert im Vorfeld noch höhere Spannungen der Prüfanlagen. Die sogenannte Abgabespannung von Hochspannungs-Prüfanlagen wird sehr wesentlich von der Beherrschung des elektrischen Feldes und damit der Geometrie der Elektroden bestimmt. Eine Berechnung des elektrischen Feldes setzt die Lösung der Laplace-Gleichung voraus, welche nur für sehr wenige Elektrodengeometrien geschlossen existiert. Die näherungsweise numerische Lösung der Laplace-Gleichung ist ohne maschinelle Rechentechnik nicht effektiv. Daher erlebt die numerische Feldberechnung insbesondere mit der Entwicklung von dezentraler Datentechnik in den letzten Jahren eine Hochkonjunktur. Gleichzeitig wurde in der Grundlagenforschung an der Verbesserung der Algorithmen zur numerischen Lösung der Laplace-Gleichung gearbeitet. So entstanden seit den 60er Jahren für allgemeine Feldberechnungen, z. B.

- das Differenzenverfahren
- die Methode der finiten Elemente
- das Ersatzladungsverfahren
- die Integralgleichungsmethode,

die alle unter bestimmten Bedingungen mit unterschiedlichem Vorbereitungsaufwand genutzt werden.

Elektroden von Hochspannungs-Prüfanlagen sind in ihrer Geometrie sehr vielfältig und reichen von der idealen Kugel einer Meßkugelfunkenstrecke über Toroide und Zylinder sowie Kombinationen dieser bis hin zu Teller-Segmentelektroden. Diese Vielfalt stellt hohe Ansprüche an die Berechnungsverfahren und damit an die Entwicklung derartiger Algorithmen.

Ziel dieses Beitrags ist es, aus einer bewertenden Gegenüberstellung von numerischen Feldberechnungsverfahren Modifikationen am Beispiel von Hochspannungselektroden aufzuzeigen.

1. Feldberechnungsverfahren

1.1. Differnzenverfahren

Voraussetzung zur Anwendung des Differenzverfahrens [1] ist ein im Endlichen geschlossenes Lösungsgebiet der partiellen Differentialgleichung. Der untersuchte Feldraum muß also durch Elektroden und/oder Bereiche mit vollständig oder näherungsweise bekannter Spannungsverteilung begrenzt sein (z. B. koaxiale Elektroden). Über das Lösungsgebiet wird ein äquidistantes, quadratisches Gitternetz angeordnet, dessen Gitterpunktpotential durch das Potential der vier angrenzenden Gitterpunkte errechnet werden kann. Damit und unter Berücksichtigung oben genannter Voraussetzung erhält man ein Gleichungssystem mit n Gleichungen und n Unbekannten. Dieses ist mit einem Iterationsverfahren (z. B. nach *Gauß-Seidel*) lösbar. Das Verfahren eignet sich sowohl für Ein- als auch Mehrstoffsysteme, die Anwendung ist allerdings wegen der erforderlichen Speicherkapazität auf parallelebene bzw. rotationssymmetrische Felder beschränkt. Die Anwendung zur Dimensionierung der Elektroden von Hochspannungs-Prüfanlagen ist auf Grund der Forderung nach einem geschlossenen Lösungsgebiet gering.

1.2. Methode der finiten Elemente (MFE)

Analog zum Differenzenverfahren ist die MFE [2] nur auf geschlossene Lösungsgebiete anwendbar, jedoch besteht das Gitternetz aus Dreiecken beliebiger Form und Größe. In Gebieten, in denen hohe Feldstärken erwartet werden, sollten kleinere Dreiecke verwendet werden. Im Gegensatz zum Differenzenverfahren wird bei der MFE nicht die Laplace-Gleichung direkt sondern das zugehörige Variationsproblem, das von der Tatsache ausgeht, daß die im elektrostatischen Feld gespeicherte Energie unter allen möglichen Werten jeweils den Minimalwert annimmt, gelöst. In den Dreiecken wird dabei lineare Potentialverteilung angenommen. Durch die Summation der Energieinhalte aller n_d Dreiecke mit n_p Knotenpunkten erhält man die im Feldgebiet gespeicherte Gesamtenergie als Funktion aller Knotenpunktpotentiale. Die damit entstandene Gleichung wird partiell nach allen Knotenpunktpotentialen differenziert. Die Lösung des so entstehenden Gleichungssystems liefert die gesuchten Knotenpunktpotentiale.

Die Anwendungsmöglichkeiten der MFE zur Berechnung elektrostatischer Felder sind durch die Forderung nach einem geschlossenen Feldgebiet sowie einen sehr hohen Eingabeaufwand relativ gering, obwohl die Genauigkeit der Ergebnisse höher als bei Berechnungen nach Abschn. 1.1. ist.

1.3. Ersatzladungsverfahren

Während die beiden oben beschriebenen Verfahren nur bei geschlossenem Lösungsgebiet einsetzbar sind, ermöglicht das Ersatzladungsverfahren [3] auch die Berechnung unbegrenzter Felder. Hierbei werden fiktive Ladungen in einem für die Feldberechnung uninteressanten Gebiet (z. B. im Innern der Elektrode) angeordnet, die die realen Flächenladungen auf den Elektroden ersetzen. Die Potentialfunktionen der Ladungen sind bekannt, gesucht ist lediglich ihre Größe. Diese muß so ermittelt werden, daß das Feld der fiktiven Ladungen mit dem der realen übereinstimmt. Um das zu erreichen, wird jeder fiktiven Ladung ein Konturpunkt auf der Elektrodenoberfläche zugeordnet, in dem das resultierende Potential gleich dem Elektrodenpotential sein muß. Daraus folgt das lineare Gleichungssystem

$$\mathbf{P} \cdot \mathbf{Q} = \mathbf{U} \qquad (1)$$

mit der Matrix der Potentialkoeffizienten P, die nur von der räumlichen Lage der betrachteten Ladung und des betrachteten Konturpunktes abhängt. Nach Lösung von Gl. (1) kann an jedem Punkt des Feldes das Potential und durch Gradientenbildung die Feldstärke berechnet werden. Das Verfahren eignet sich gut für alle Einstoffsysteme und Mehrelektrodensysteme (auch mit freien Potentialen). Mehrstoffsysteme und Elektroden ohne Rotationssymmetrie können nur in Sonderfällen berechnet werden. Sehr anwendungsfreundlich ist der geringe Eingabeaufwand, jedoch werden etwas längere Rechenzeiten benötigt.

1.4. Integralgleichungsmethode

Im Gegensatz zu den Verfahren nach den Abschnitten 1.1. bis 1.3. beruht die Integralgleichungsmethode [4] auf einer Integraldarstellung der Feldgleichungen. Mit Hilfe der Green'schen Sätze oder der Maxwell'schen Gleichungen kann die Feldgleichung als Integralgleichung dargestellt werden. Die Grundidee besteht darin, daß jedes Vektorfeld durch ein Quellen- und Wirbelfeld beschrieben werden kann. Zur Lösung der Integrale, deren analytische Auswertung in der Regel nicht möglich ist, kommen numerische Verfahren zur Anwendung. Das setzt eine Diskretisierung des Feldgebietes voraus, wobei die Quellen- und Wirbeldichte auf den Elementen als konstant angenommen wird, so daß die Integralgleichung in ein lineares algebraisches Gleichungssystem über-

Dr.-Ing. *Siegmar Rausendorf* ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Anlagenlabor der Transformatoren- und Röntgenwerk GmbH Dresden.

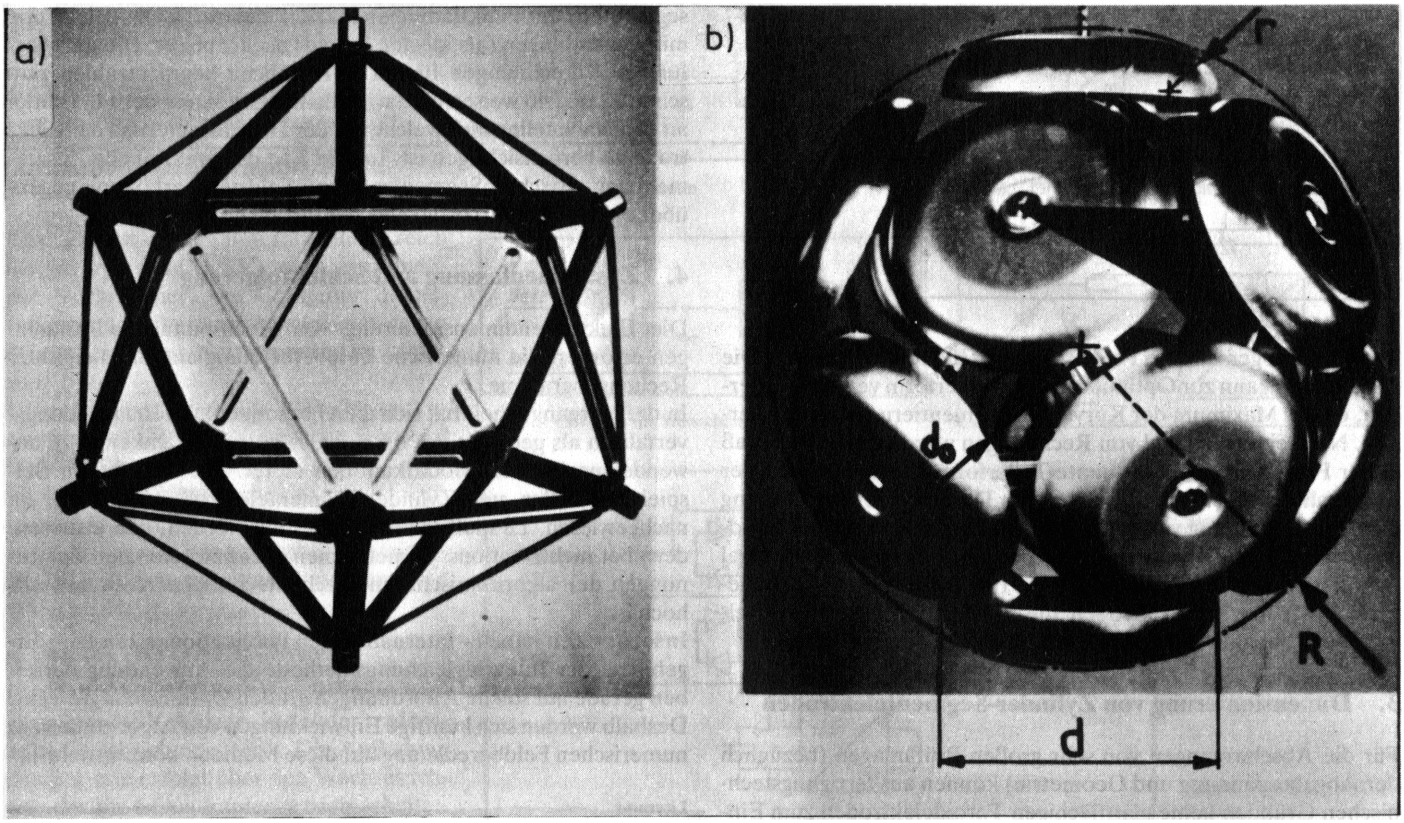
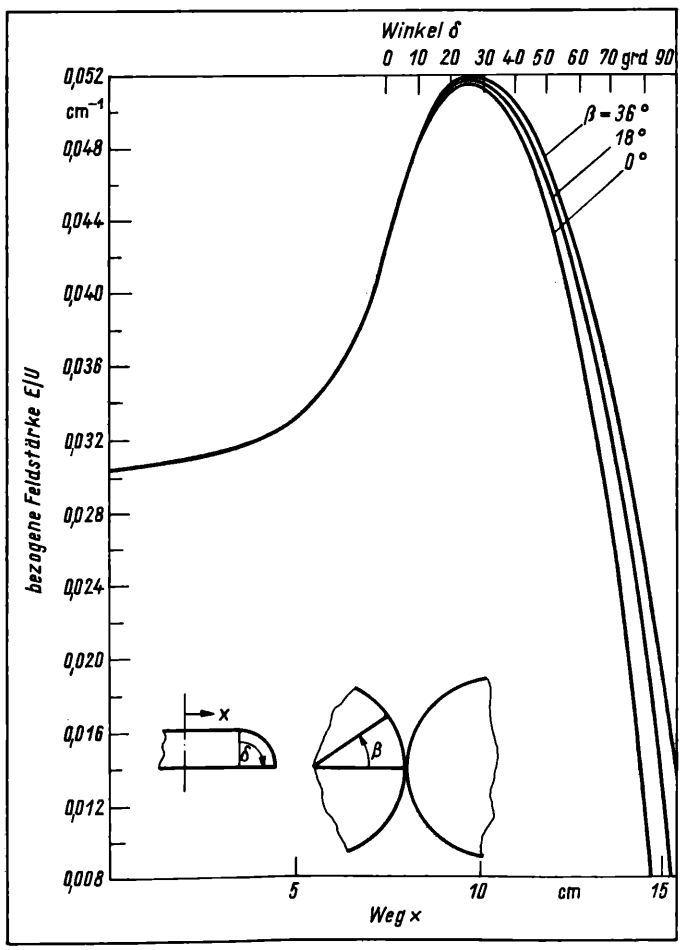


Bild 1. Teller-Segmentelektrode mit 12 Tellern;
a) polyedrisches Fachwerk; b) Elektrode und Parameter

führt werden kann, dessen Lösung die Ladungsgröße ergibt, mit deren Hilfe das Potential und die elektrische Feldstärke an beliebigen Orten des Feldes berechenbar ist. Die Integralgleichungsmethode ist ebenfalls zur Berechnung von offenen Lösungsgebieten einsetzbar. Durch die Art der Diskretisierung (z. B. Spline-Funktion) ist eine beliebige Elektrodenkontur berechenbar, so daß auch komplizierte dreidimensionale Geometrien behandelt werden können.

Bild 2. Feldstärke entlang der Oberfläche eines Tellers
(12-Teller-Elektrode nach Bild 1b)



2. Dimensionierung von Teller-Segmentelektroden

Teller-Segmentelektroden – auch unter dem Namen „Polycon-Elektrode" bekannt – werden bereits umfassend zur Ausrüstung von UHV-Prüfanlagen eingesetzt. Zur Gewährleistung einer hohen Betriebszuverlässigkeit und unter Berücksichtigung ihrer Kosten, müssen sie sorgfältig dimensioniert werden.

Das Ersatzladungsverfahren bietet dafür gute Möglichkeiten, aber bislang wurde wegen der begrenzten Anzahl von Randbedingungen kein Algorithmus zur Berechnung einer Teller-Segmentelektrode im Raum mit vertretbar kleinen Fehlern gefunden. Elektroden mit Symmetrieeigenschaften, wie sie reguläre Polyeder aufweisen, erlauben die Berechnung nur eines feldgleichen Segmentes (Bild 1), wo alle verfügbaren Ladungen untergebracht werden, wenn der Einfluß aller anderen feldgleichen Segmente auf dieses berücksichtigt wird [5]. So entsprechen z. B. 140 Punktladungen, die zur Nachbildung eines feldgleichen Segmentes einer 12-Teller-Elektrode verwendet werden, der Nachbildung der ganzen Elektrode mit 16800 Punktladungen. Gl. (2) zeigt, daß der Einfluß der Punktladungen $Q_j\ (x_j;\ y_j;\ z_j)$ aller feldgleichen Segmente auf das eine mit Konturpunkten des Potentials $U_i\ (x_i;\ y_i;\ z_i)$ nur in die Potentialkoeffizientenmatrix P_{ij} eingeht. Sie werden aus den Abständen zwischen Ladungen und Konturpunkten berechnet.

$$P_{ij} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \sum_{k=1}^{m} \frac{1}{\sqrt{(x_i - x_{jk})^2 + (y_i - y_{jk})^2 + (z_i - z_{jk})^2}} \qquad (2)$$

Für diesen Algorithmus wurde ein FORTRAN-Programm für einen 32-bit-Rechner erstellt.

Als Ergebnis ist in Bild 2 die Feldstärke entlang der Oberfläche eines feldgleichen Segmentes einer 12-Teller-Elektrode „frei im

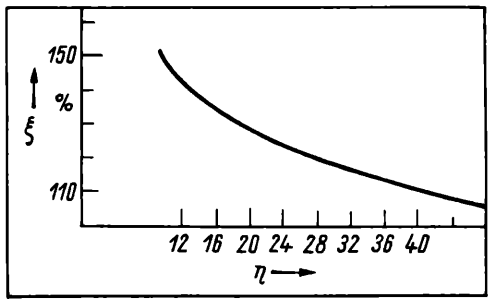


Bild 3. Feldstärkeerhöhung infolge Toroidsegmentierung mittels Zylinderstücken

$$\xi = \frac{E_{n\,\text{Vieleck}}}{E_{n\,\text{Toroid}}}$$

Raum", bezogen auf die Feldstärke der Hüllkontur, gezeigt. Die Berechnung kann zur Optimierung der Tellerform verwendet werden, da das Maximum der Kurve den Segmentierungsfaktor k_s ergibt. Nach einer Vielzahl von Rechnungen wurde festgestellt, daß dieser Faktor für eine bestimmte Tellerform unabhängig von der Tellerzahl der Elektrode ist, aber vom Durchmesser der Öffnung abhängt. Der Betrag von k_s, welcher als Quotient von Höchstfeldstärke der Segmentelektrode zu Höchstfeldstärke der Hüllkugel definiert ist, variiert zwischen 1,4 und 1,6. Damit können für beliebige Teller-Segmentelektroden die Höchstfeldstärken ermittelt werden, wobei nur die Kenntnis des Hüllfeldes erforderlich ist.

3. Dimensionierung von Zylinder-Segmentelektroden

Für die Abschirmungen von sehr großen Prüfanlagen (bezüglich der Abgabespannung und Geometrie) können aus fertigungstechnischen Gründen keine glattflächigen Toroidelektroden zum Einsatz kommen. Eine Alternative stellen die aus Zylindersegmenten bestehenden toroidähnlichen Elektroden dar, deren Fehlverhalten aber von dem des idealen Toroids abweicht. Infolge der Segmentierung geht allerdings die für eine Feldberechnung günstige Rotationssymmetrie der Elektrode verloren, wodurch bei der Berechnung mit dem Ersatzladungsverfahren nur noch Punktladungen zur Anwendung kommen können. Da diese bei dreidimensionalen Anordnungen sehr eingabe- und speicherplatzintensiv sind, wird nur ein kleiner Bereich (Nahtstelle zwischen zwei Zylindersegmenten) mit Punktladungen und der andere Teil der Elektrode mit Ringladungen (als idealer Toroid) nachgebildet. Die durchgeführten Berechnungen für im TuR übliche Segmentzahlen zwischen 12 und 40 weisen eine signifikante Erhöhung der Feldstärke an den Nahtstellen auf, welche bei der Dimensionierung der Elektrode zu berücksichtigen ist. In Bild 3 ist der funktionelle Zusammenhang zwischen Segmentzahl und Feldstärkeerhöhung gegenüber einem idealen Toroid gleicher Größe dargestellt.

4. Zusammenfassung und Schlußfolgerung

Die Elektrodendimensionierung von Hochspannungs-Prüfanlagen erfordert die numerische Feldberechnung auf Basis digitaler Rechenprogramme.
In der Vergangenheit hat sich dabei besonders das Ersatzladungsverfahren als geeignet erwiesen, da es gute Möglichkeiten zu anwenderspezifischen Modifikationen bietet. Dies wurde am Beispiel von Teller- und Zylinder-Segmentelektroden eindrucksvoll nachgewiesen. Es muß jedoch festgestellt werden, daß insbesondere bei nichtrotationssymmetrischen dreidimensionalen Anordnungen der algorithmische und rechentechnische Aufwand sehr hoch ist.
In letzter Zeit haben – internationalen Publikationen zufolge – Ergebnisse der Integralgleichungsmethode die Anwendung derselben gerade auf solche Anordnungen großen Optimismus geweckt. Deshalb werden sich künftige Entwicklungen von Algorithmen zur numerischen Feldberechnung auf diese Methode konzentrieren.

Literatur

[1] *Prinz, H.*: Hochspannungsfelder. München/Wien: R. Oldenbourg-Verlag 1969
[2] *Zienkiewicz, O.*: The finite element method in engineering science. London: McGraw-Hill 1971
[3] *Steinbigler, H.*: Anfangsfeldstärken und Ausnutzungsfaktoren rotationssymmetrischer Elektrodenanordnungen in Luft. Dissertation A, TH München 1969
[4] *Gutfleisch, F.*: Calculation of the electric field by the boundary element method with different surface elements. 5th ISH, Braunschweig 1987, paper 31.01
[5] *Rausendorf, S.; Schufft, W.*: Berechnung des elektrischen Feldes kugelförmiger Teller-Segmentelektroden. ELEKTRIE, Berlin 40 (1986) 6, S. 213-216

EA 6159

WIR LÖSEN IHR PROBLEM!

in Gründung

SÄCHSISCHER ANLAGENBAU BAUTZEN GmbH

Ein flexibles Team von erfahrenen Fachingenieuren stellt sich vor.
Wir bieten Planung, Beratung und Entwurf bis zur Ausführungsreife auf den Gebieten:

* Stahlhochbau, technologischer Stahlbau, Behälterbau
* Beton- und Stahlbetonbau
* Bausanierung und Rekonstruktion
* Industrie- und Bautenschutz (Beton- und Stahlkorrosion
* Säureschutz für Fußböden und Wände

sowie

* Montage- und Demontagetechnologien und Projekte
* Umweltschutzanlagen
* Investberatung
* Gutachten und Bauzustandsanalysen

und natürlich auch komplette Elektroanlagen für

* Energieversorgungsanlagen bis 30 kV
* Industriesteuerungsanlagen, auch mit modernsten speicherprogrammierbaren Systemen
* Automatisierungsanlagen in der Landwirtschaft
* Gesellschafts- und Wohnungsbauanlagen

Wenden Sie sich vertrauensvoll an uns.

Anlagenbau Bautzen
Kirchplatz 3, PSF 280, **Bautzen, 8600**
Telex: 287 298 kofab dd; Telefon: Bautzen 51 31 10 (Bau) und Bautzen 4 44 22 (Elektro)

PRODUKTINFORMATIONEN

DATAPOWER-USV-Anlagen Vergleiche – Problemlösungen

O. Schröder; D. Eisermann; Berlin

Der Zweck einer unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) ist es, empfindliche Verbraucher, wie Computer, Steuerungen und Überwachungsanlagen gegen Störungen in der Netzspannung zu schützen.

In der Praxis existiert eine Vielzahl von Varianten und Kombinationen von Standard USV-Anlagen (s. auch S. 302).

Grundsätzlich unterscheidet man Off-Line- und On-Line-Systeme. Die einzelnen Konfigurationen können wahlweise mit zusätzlichen Einspeisungen versehen sein (Bilder 1 bis 3).

1. Das DATAPOWER – System

Das DATAPOWER-System ist eine neugestaltete USV-Anlage, in der der traditionelle Gleichrichter entfällt. Die Aufladung der Batterie erfolgt über den Wechselrichter, der im 4-Quadrantenbetrieb arbeitet. Der Umrichter arbeitet (Bilder 4 und 5) als Wechselrichter oder als Gleichrichter. Bei Netzausfall wird die am Ausgang befindliche Last durch die Batterie über den Wechselrichter unterbrechungsfrei versorgt. Im Netzbetrieb erfolgt die Speisung der Last über die zwischen Netz und Ausgang liegende Induktivität X_L. Über X_L ist es möglich, die Ausgangsspannung zu stabilisieren sowie Netzstörungen und Transienten zu unterdrücken.

Der Strom aus dem Netz wird dadurch gesteuert, daß der Phasenwinkel zwischen Netzspannung und der Ausgangsspannung kontrolliert wird (siehe Vektordiagramm im Bild 5). In der DATAPOWER-Schaltung (Bild 6) steuert Schleife 1 die Ausgangsspannung, Schleife 2 die Phasenlage der Ausgangsspannung im Verhältnis zur Eingangsspannung.

Um eine Rückspeisung des Wechselrichters auf das Netz im Fehlerfall zu vermeiden, befindet sich im Netzeingang ein Thyristorschalter (Bild 4). Wenn die Netzspannung außerhalb des spezifizierten Bereiches liegt, werden die Thyristoren abgeschaltet, so daß das Netz den Wechselrichter nicht belastet. Das System ist mit einem mechanischen Bypass-Schalter und mit einem Trenntransformator ausgerüstet.

2. Lastarten

Computeranlagen mit einer SMPS (switchmode power supply) stellen eine nichtlineare Last dar (Bilder 7 und 8). Ausgangsseitig erhält man die geforderte, stabilisierte Gleichspannung. Von der Netzseite ist der DC/DC-Wandler uninteressant und deshalb kann er für die weiteren Betrachtungen vernachlässigt werden. Es ist erkennbar (Bild 8), daß der Strom stark von der Sinusform abweicht, er erhält eine Anzahl Oberwellen mit großer Amplitude. Diese tragen zu einem höheren Effektivwert des Stromes bei. Der Crestfaktor (Verhältnis Stromspitzenwert zum Effektivwert) ist höher als bei sinusförmigem

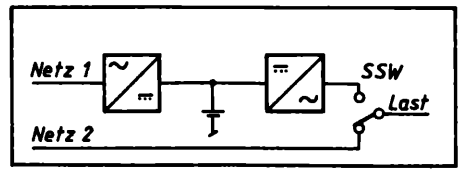


Bild 1. OFF-Line System

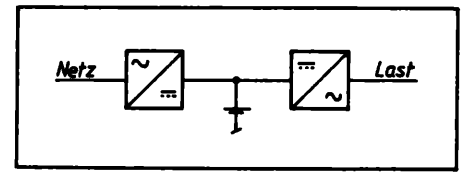


Bild 2. ON-Line ohne statischen Schalter SSW

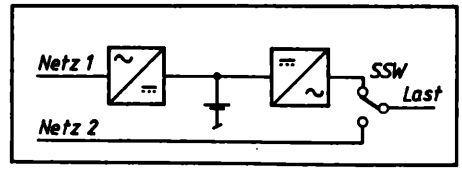


Bild 3. ON-Line mit statischem Schalter SSW

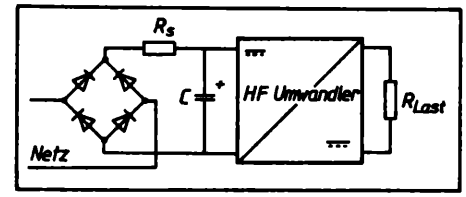


Bild 7. ▲ DATAPOWER – nichtlineare Last

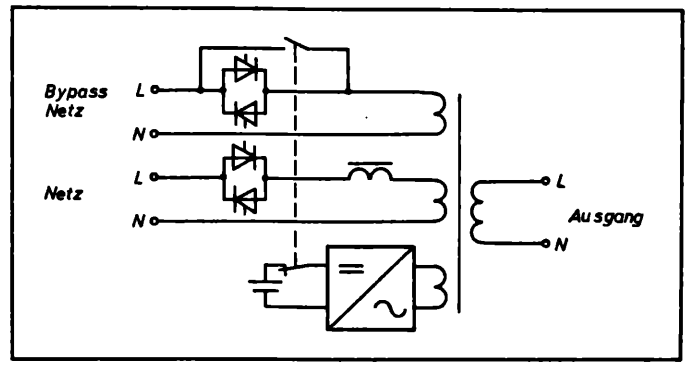


Bild 4. DATAPOWER – System

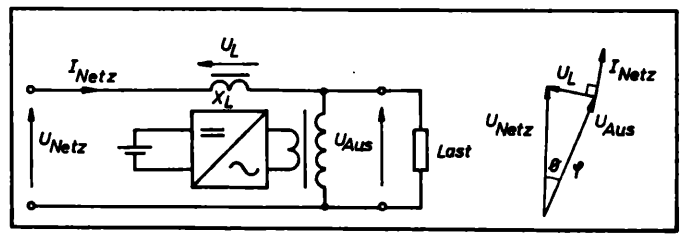


Bild 5. DATAPOWER – Arbeitsprinzip

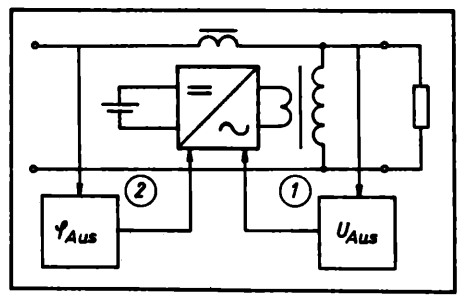


Bild 6. ▲ DATAPOWER – Prinzip-Regelungen

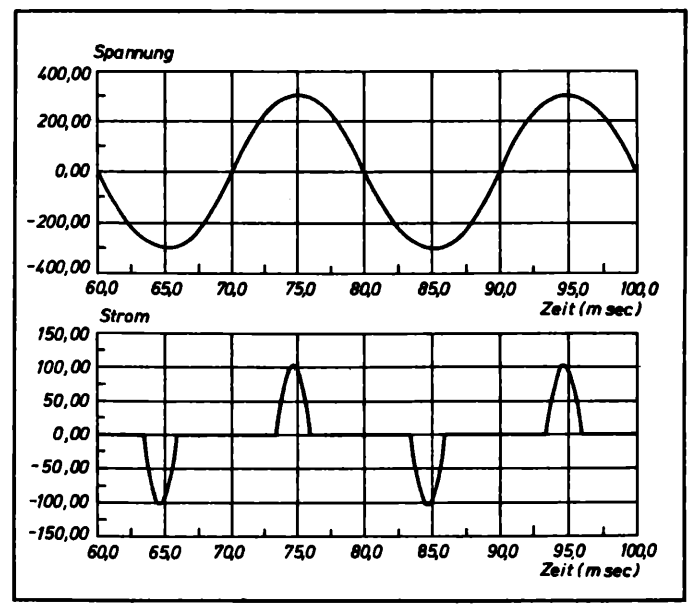


Bild 8. Idealnetz bei SMPS-Last

Mit freundlicher Genehmigung der SILCON Elektronik GmbH Düsseldorf:

Ing. *Ovid Schröder*, Ing. *Dieter Eisermann;* PEES GmbH, Ingenieurbüro Elektroenergieanlagen, Gustav-Adolf-Str. 17b, Berlin, 1120

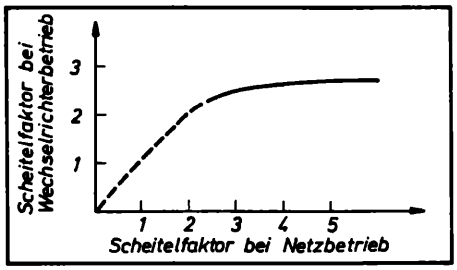


Bild 9. Crestfaktor im Wechselrichter-/Netzbetrieb

zu a) Die Oberwellenströme der SMPS-Last sind in DATAPOWER-USV-Anlagen der Fa. Silcon berücksichtigt, d. h. die Anlagen verkraften ohne Reduzierung der Ausgangsleistung die zusätzliche thermische Belastung.

zu b) und c) Silcon hat eine Lösung gewählt, die durch die Verwendung eines avancierten Ausgangsspannungs-Reglers eine Reduzierung der Spitzenströme möglich macht.

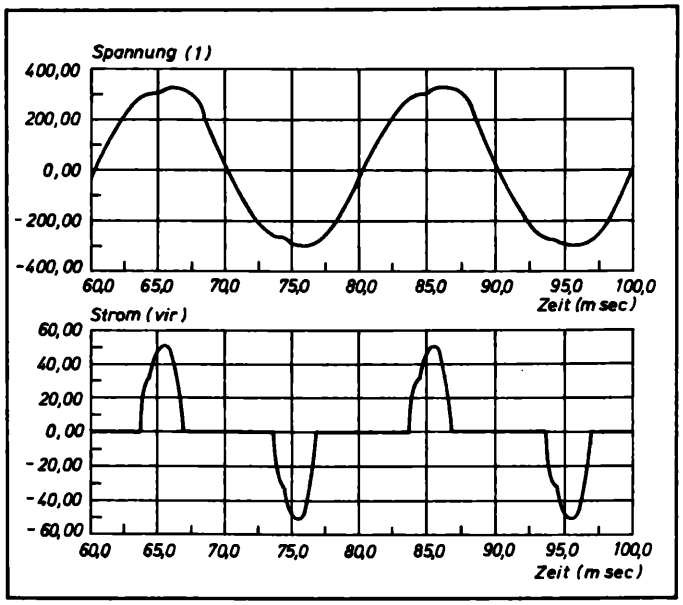


Bild 10. Typische Kurvenform bei SMPS-Last

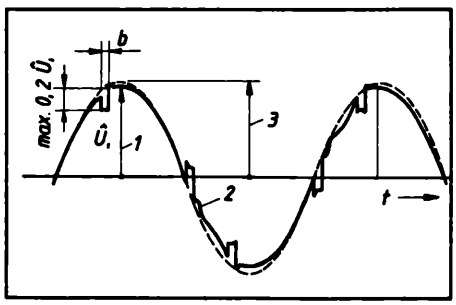


Bild 11. Verlauf der Grundschwingung
1 – Scheitelwert der Grundschwingung, 2 – Netzspannung, 3 – Spitzenwert der Grundschwingung der Nennspannung

Strom. In der Praxis variiert der Crestfaktor des Power Supplies der genannten elektronischen Geräte zwischen 2...5, das heißt, daß der Spitzenstrom bis mehr als auf das 3fache des an einer entsprechenden sinusförmigen Last auftretenden Stromes ansteigt. Die Dimensionierung der angeschlossenen USV-Anlage muß so erfolgen, daß diese Spitzenströme problemlos geliefert werden können. Nachstehend werden 3 kritische Faktoren aufgezeigt, die bei der Auswahl einer auf eine SMPS-Last speisenden USV zu betrachten sind:

a) Ist der Wechselrichter den außerordentlich hohen Oberwellenströmen ohne thermische Probleme gewachsen?
b) Kann der Wechselrichter die nötigen hohen Spitzenströme liefern?
c) Wie wirkt sich der stark verzerrte Strom auf die Wechselrichter-Ausgangsspannung aus?

Durch Unterdrücken der dynamischen Ausgangsimpedanz ist das „gesamt R_S" größer als für die SMPS allein und ein besserer Crestfaktor im Wechselrichterbetrieb wird erreicht. Die Form der Ausgangsspannungs-Kurve verändert sich hierbei nur wenig, da die Sinusspitze nur leicht abgeflacht ist (Bild 10).

Bild 9 zeigt den erreichten Crestfaktor im Wechselrichterbetrieb gegenüber dem im Netzbetrieb bei gleicher SMPS-Last.

2.1. Einschaltstromgröße

Bei großer Überlast erfolgt eine automatische Umschaltung auf das Netz, welches den nötigen Einschaltstrom liefert. Wenn die Einschaltphase vorbei ist, erfolgt eine automatische Rückschaltung auf Wechselrichterbetrieb, und keine der beiden Umschaltungen bewirkt Unterbrechnungen oder Störungen der Ausgangsspannung.

2.2. Asymmetrische Last

Bei 3-phasigen Anlagen ist heute die Tendenz, daß die Verbraucher (Computer, usw.) welche die sichere Funktion einer USV benötigen, in Wirklichkeit keine „echten" 3-phasen Lasten sind. Ausgenommen von Ventilatoren und Motoren (Diskstationen, etc.) und einigen wenigen größeren 3-phasen SMPSs besitzt die Last eine große Anzahl von 1-phasigen SMPSs, welche einfach auf die drei Phasen verteilt werden. Dadurch kommen oftmals asymmetrische Lasten vor, sowie Last zwischen den Phasen und dem Nulleiter. Im Gegensatz zu vielen USV-Systemen auf dem Markt sind die SILCON-USV-Anlagen für 100 % asymmetrische Last ausgelegt.

3. Netzrückwirkungen

Thyristor-gesteuerte Gleichrichter, die gewöhnlich in USV-Anlagen eingesetzt werden, sind normalerweise netzkommutierte 6-puls-Gleichrichter. Bei der Kommutierung (Stromübergang von einem Stromzweig zu einem anderen), entstehen „Kurzschlüsse" von kleiner Dauer. Diese führen zu sogenannten kommutierungsbedingten Einbrüchen in der Netzspannung. Gemäß VDE 0160 dürfen die kommutierungsbedingten Einbrüche 20% des Netzspannungs-Spitzenwertes nicht übersteigen und die Breite darf 14° nicht übersteigen (Bild 11). Um diesen Kriterien zu genügen, darf das Verhältnis zwischen der Gleichrichter-Nennleistung und der Netzkurzschlußleistung beim Verbindungspunkt 1% nicht übersteigen, und die Gleichrichter-Transformator-Impanz muß mindestens 4% sein, was bei den SILCON USV-Anlagen der Serien 100–300 der Fall ist.

Die sehr hohe Störtransientendämpfung über den ganzen Frequenzbereich, wie bei der DATAPOWER USV-Anlage vorhanden, ist ebenfalls verantwortlich für das sichere Funktionieren der mit immer höherer Geschwindigkeit arbeitenden und empfindlicher werdenden Computer.

Für die Aufstellung von lärmerzeugenden Apparaten in Arbeitsräumen sind niedrige Lärmpegel zwingend. DATAPOWER ist auch hier richtungsweisend. Niedrige Geräuschpegel von ≦50 dB (A) für 1-phasige Systeme und ≦55 dB (A) für 3-phasige Systeme tragen in diesem Falle zur Umweltverträglichkeit bei.

EA 6155

Wir Wissen

Ihre Redaktion
Telefon: 2870343/344/345

... daß auch Sie von der Umstrukturierung der Wirtschaft betroffen sind. Gerade dann, wenn Sie an eine neue Tätigkeit denken oder in Angriff nehmen, wollen wir Sie hilfreich begleiten.
Kurzfristige Bestellungen – auch telefonisch – für einzelne Hefte, auch ältere Ausgaben für Recherchen, und Abonnements nehmen wir gern direkt in der Redaktion entgegen und kümmern uns um schnellste Auslieferung.

FACHTAGUNGEN

Rechnergestützte Entscheidungshilfen auf der Basis mehrkriterieller Optimierungen

151. Sektionskolloquium Automatisierungstechnik der Technischen Universität Karl-Marx-Stadt am 26. April 1990

Zu diesem Thema stellte Herr Dr. sc. nat. *R. Straubel,* Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse der Akademie der Wissenschaften der DDR, Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der rechnergestützten Entscheidungshilfen vor.

Erfolgreiches Management basiert auf richtigen Entscheidungen. Hochkomplexe Systeme, wie sie z. B. Ökosysteme darstellen, können heute mit den enorm leistungsfähigen Mitteln der Rechentechnik bereits recht zufriedenstellend modelliert werden. Aus diesen Modellen wirksame Maßnahmen abzuleiten ist auf Grund der im allgemeinen zahlreichen widersprüchlichen Zielstellungen eine Aufgabe, die nur durch effiziente Rechnerunterstützung auf der Grundlage der modernen Entscheidungstheorie zu bewältigen ist.

Dies ist der Ansatzpunkt für Entscheidungs-Unterstützungs-Systeme (englisch *DSS* decision support systems). Sie verkürzen die Entscheidungsprozesse wesentlich, tragen zur inhaltlichen Durchdringung bei und bieten nur solche effizienten Entscheidungsvorschläge an, die der subjektiven Präferenz des Entscheidungsträgers bezüglich mehrerer gleichzeitig zu verfolgender Zielkriterien entsprechen.

Die Abteilung „Entscheidungstheorie" im Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse arbeitet seit mehreren Jahren erfolgreich auf diesem Gebiet. Internationale Kooperationspartner sind u. a.:

- International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg/Österreich
- Institut für Systemforschung der polnischen Akademie der Wissenschaften, Warschau
- Hochschule für Ökonomie, Sofia/Bulgarien
- Institut für Steuerung, Moskau
- Institut für Automatisierung der tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, Prag

Hauptergebnis der bisherigen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ist das Programmpaket „REH" (Rechnergestützte Entscheidungs-Hilfen), dessen universelle Anwendbarkeit darauf beruht, daß keine einschränkenden mathematischen Forderungen an das Prozeßmodell und die Zielfunktionale gestellt werden.

Auf der Basis von „REH" wurde eine Reihe von Applikationen realisiert, von denen die wichtigsten sind:

- Wassergüte-Management in Flüssen (Institut für Wasserwirtschaft, Berlin)
- Investitionsverteilung zur SO_2-Verringerung in der Luft über Europa (International Institute for Applied Systems Analysis IIASA, Laxenburg/Österreich)
- Konstruktion von Fahrzeug-Bremssystemen (Kombinat Nutzkraftwagen, Ludwigsfelde)

Prädestinierte Einsatzfelder sind aber auch Betriebswirtschaft, Finanzwesen und Logistik. Referenzen aus der Zusammenarbeit mit einer Vielzahl nationaler und internationaler Kooperationspartner liegen vor.

Die bisherigen Anwendungen der Programmsysteme und eigene Literaturrecherchen beweisen, daß es zumindest im europäischen Raum auf dem Gebiet der Entscheidungsvorbereitung durch mehrkriteriale Optimierung (englisch *MODM* multiobjective decision making) keine Softwarelösungen mit vergleichbarer Leistungsfähigkeit gibt.

Gegenwärtig werden zwei Anwendungsprojekte im Rahmen einer Auftragsforschung bearbeitet:

- Generierung von Handlungsvorschlägen bei einer Havarie im Elektroverbundsystem (Petrolchemisches Kombinat, Schwedt)
- Parameteridentifikation für Computer-Simulationsmodelle (Volkswagen AG, Wolfsburg)

Die weiteren Forschungsaktivitäten haben die Entwicklung fortgeschrittener Methoden und Algorithmen der Entscheidungsfindung und deren Implementierung in multivalent einsetzbaren Programmsystemen zur rechnergestützten Entscheidungsvorbereitung (tool system) zum Gegenstand.

Aus mathematischer Sicht wird an der Weiterentwicklung der diskreten und kontinuierlichen (auch heuristischen) mehrkriteriellen Optimierungsverfahren gearbeitet.

Aus der Sicht der künstlichen Intelligenz befinden sich Verfahren zur Wissensgenerierung (knowlidge aquisition) in Vorbereitung, so daß die Ergebnisse der Entscheidungsvorbereitungsprogramme (Menge effizienter Entscheidungen) in hierarchische Systeme von Regeln umgeformt werden können, deren Weiterverarbeitung mit Expertensystemen erfolgen kann.

Aus der Sicht des software-engineering besteht die Aufgabe, die Rechnerunterstützung auf ein solches Niveau zu heben, daß der Nutzer weitestgehend von Programmierungsarbeiten befreit werden kann.

R. Streubel; G. Tippmann; Chemnitz

EK 4250

IN • POWER • 90
THE • INDEPENDENT
POWER • GENERATION
CONFERENCE • AND
EXHIBITION
The Heathrow Park Hotel
London Heathrow • England
SEPTEMBER 25 - 26 1990

AUS ANDEREN ZEITSCHRIFTEN

Integrierte Halbleiter-Leistungsbauelemente

Bontemps, S.; Chicco, J. M.: Intelligent Modular Power Switch.
PCIM EUROPE 2 (1990) 1, S. 46–47. [1]
Owyang, K.: Advanced MOS Technologies for Smart Power Devices.
PCIM EUROPE 2 (1990) 1, S. 28–32. [2]
Cordonnier, Ch. E.: Intelligent Power Devices for Stepper Motor Applications.
PCIM EUROPE 1 (1989) 2, S. 76–78. [3]
Intelligent Power IC Module.
PCIM EUROPE 1 (1989) 3, S. 131–133. [4]

So ungenau die Begriffe ‚Intelligenter Halbleiterschalter' oder ‚Smart Power' auch sein mögen, ihre zunehmende Verwendung in der Fachliteratur ist augenfällig. Über einige Aspekte dieser Entwicklungsrichtung, behandelt in der Zeitschrift PCIM EUROPE, wird im folgenden zusammenfassend berichtet.

In [1] ist ‚Intelligenz' eines Leistungshalbleiters als die Summe von Funktionen definiert, die eine Erhöhung der Betriebszuverlässigkeit dieses Bauelementes in seiner Einsatzumgebung bewirken. Hierzu zählen integrierte Kommunikations- und Schutzeinrichtungen sowie redundante Strukturen. Ergänzend zu diesen Aspekten sei hier die generelle Tendenz zu funktionell komplexeren und gleichzeitig kompakteren Halbleiter-Leistungsbauelementen betont. Zwei unterschiedliche Ausgangspunkte kennzeichnen die gegenwärtig anzutreffenden Entwicklungsrichtungen:

1. Erhöhung von Ausgangsspannung und Ausgangsleistung integrierter Schaltkreise durch Ergänzung um spezielle Endstufen; Zunahme der Funktionenvielfalt durch Mischtechnologien.
2. Zusammenfassung von Leistungsbauelementen in Modulen und Ergänzung durch Informationselektronik.

Der erste Weg führt zu den sogenannten Hochvolt-IC (HVIC) [2] [3]. Dabei kommen Technologien zur Anwendung, die bipolare, laterale CMOS- und vertikale Leistungs-MOSFET-Strukturen auf einem Chip ermöglichen (D/CMOS [2], BiCMOS + TMOS [3]). Derzeitiges Entwicklungsziel ist nach [2] die monolithische Zusammenfassung folgender Funktionselemente:

- Logik (bis zu 1000 Gatter),
- Analogfunktionen wie Zeitglieder, Regler, OV, Komparatoren, Temperatursensoren und anderer Überwachungsglieder,
- Endstufen bis zu 20 V/2 A für die Ansteuerung von Leistungshalbleitern und kleineren Motoren.

Durch Ausbildung eines schwachdotierten Drain-Gebietes (sog. LDD-Verfahren: lightly doped drain) sind auch Durchbruchspannungen bis 600 V ohne Veränderungen der Prozeßschritte möglich. Auf diese Weise werden Wandlerstufen realisierbar,

die Signale bis auf ein Spannungsniveau von 500 V übertragen und so die Ansteuerung von oberen Brückenzweigen ermöglichen. Von einer monolithischen Integration mit der Basiselektronik wird dann allerdings abgesehen. Die komplette Ansteuerung einer dreiphasigen Brücke z. B. erfordert somit vier Chips: drei Treiber für die oberen Zweige und einen Schaltkreis, auf dem die Ansteuer- und Sensorelektronik sowie die drei Treiber für die unteren Zweige zusammengefaßt sind. Eine monolithische Lösung für Spannungen bis 24 V wird in [3] mit dem Schaltkreis MPC 1510 vorgestellt. Die SENSEFET-Endstufe (R = 100 m) schaltet eine einzelne Last gegen Masse (Oberzweig-Schalter). Eine mit 250 kHz arbeitende Ladungspumpe hebt hierfür das Ansteuerpotential an. Folgende Schutzfunktionen sind integriert: Kurzschlußschutz, U-Überwachung, Übertemperaturschutz- Leerlauferkennung. Diese Informationen führen zu internen Maßnahmen und gelangen gleichzeitig auf einen Diagnoseblock, der ein summarisches Statusbit nach außen bereitstellt.

Als Entwicklungstendenzen dieser ersten Richtung werden genannt: die weitere Erhöhung des Integrationsgrades sowie eine Steigerung der Ausgangsleistung durch monolithische Einbeziehung solcher Vertikalstrukturen wie IGBT. Für derartige zukünftige Bauelemente wurde in [2] die Bezeichnung ‚multifunctional power microsystem' geprägt.

Der anfangs genannte zweite Weg führt zu Bauelementen, die der Leistungselektronik im eigentlichen Sinne zuzurechnen sind. Die monolithische Integration eines kompletten Umrichters für die Antriebssteuerung im kW-Bereich allerdings wird noch längere Zeit eine kaum lösbare Aufgabe bleiben [4].

Hiervon ausgehend, werden in [1] und [4] Hybrid-Leistungsmodule vorgestellt. Der Modul nach [1] enthält drei parallelgeschaltete 1000 V/75 A-IGBT-Chips auf einer Cu-Grundplatte. Die Ansteuer- und Überwachungsfunktionen sind auf einer darüberliegenden Leiterplatte zusammengefaßt. Zur Realisierung verfeinerter Schutzalgorithmen kommt ein ASIC zum Einsatz. Die Informationsübertragung zum Modul erfolgt über Lichtleiter.

Der Modul PM15TAA050, vorgestellt in [1], enthält bereits folgende wesentliche Elemente eines Umrichters für Antriebe im Leistungsbereich bis 1 kW:

- Ungesteuerter Gleichrichter mit Dioden 800 V/15 A für den Direktanschluß an ein dreiphasiges 220-V-Netz,
- Wechselrichter mit IGBT 500 V/15 A und schnellen Freilaufdioden,
- Überstromschutz auf der Basis von Sensoren in den IGBT,
- Übertemperaturschutz,
- Optokoppler-Interface (6 Eingänge für die PWM-Ansteuerung mit zugeordneten Treiber-IC für jeden IGBT; 1 Ausgang für das Status-Signal).

Das Modulgehäuse besitzt eine isolierte Cu-Grundplatte der Abmaße 110 × 66 mm und einen aufgesetzten Kunststoffrahmen, der auch die Leiterplatte des Steuerteils enthält. Als Passivierungs- und Füllstoffe werden Silikon-Gel und Epoxid-Gummi verwendet. Zukünftige Entwicklungsziele sind auf höhere Schaltleistungen sowie die Einbeziehung weiterer Funktionsgruppen gerichtet.

F. Fischer, Dresden EK 4215

BÜCHER

Compact Wörterbuch der exakten Naturwissenschaften und der Technik. Band 1

Von *A. Kučera*. Wiesbaden: Brandstetter Verlag; Berlin-Offenbach: vde-Verlag 1989. 1460 Seiten, geb., DM 130,–

Ein Kompakt-Wörterbuch der exakten Naturwissenschaften und Technik? Dieser Anspruch scheint zuerst einmal recht hoch angesetzt, denkt man an die Vielfalt der Spezialgebiete, die darunter zu erfassen wären. Nimmt man das Buch zur Hand, bestätigt sich zunächst der Hinweis „kompakt"; bei manchem Hand- und Taschenbuch gibt es da zuweilen Überraschungen. Der Band ist in Format und Umfang gut abgestimmt und handlich, der Einband strapazierfähig. Die Schriftgröße ist akzeptabel, die Zahl von 117395 Eintragungen beachtlich (dies ist etwa das Dreifache der 1. Auflage). Das Buch enthält Eintragungen zu 78 Fachgebieten, wozu solche, wie Akustik, Nachrichtentechnik, Raumfahrt, Biologie, Chemie, Elektrotechnik und Elektronik, aber auch Anstrichtechnik, Drogenkunde, Kartografie, Navigation, Statistik und Wohnungsbau gehören. Ein derartig breites Spektrum findet man bei polytechnischen Wörterbüchern selten, was zu der Annahme führt, daß das Buch dem im Titel erhobenen Anspruch doch sehr nahe kommt. Dies bestätigte sich beim probeweisen Aufsuchen bestimmter Wortstellen. Dabei kommt das Wörterbuch eher einem systematischen als einem mechanischen Arbeiten entgegen. So findet man z. B. zu „pitch", das als Homonym in den unterschiedlichsten Fachgebieten auftritt, zwar nicht die spezielle Entsprechung „Nutteilung" (bei Elektromaschinen), kann sich diese aber aus dem Zusammenhang „Abstand, Schritt, Teilung" herleiten. Die Verwendung von „electric" bzw. „electrical", immer ein Problem, ist hier noch einmal sinnbezogen erläutert, obwohl diese „Klippe" natürlich in der Hauptsache beim Übersetzen ins Englische auftaucht.

Daß das jeweilige Fachgebiet zu bestimmten Begriffen angegeben ist, versteht sich von selbst; das Buch enthält aber auch Angaben zur Gebräuchlichkeit in bestimmten Ländern, wo dies erforderlich ist. Eine gute Idee übrigens, alle zur grammatischen, fachlichen und geographischen Einordnung verwendeten Abkürzungen auf einem mit dem Zeichenband verbundenen Kärtchen zusammenzustellen. Wertvoll ist auch die Angabe von DIN-Normen zu Begriffen, die sich auf solche beziehen.

Fast scheint es zuviel verlangt, aber die englische Erklärung für Abkürzungen bietet das Buch nicht. Bei RAM oder ROM weiß die Mehrzahl der Benutzer sicherlich Bescheid; mit AAM oder GLBM können wahrscheinlich nur wenige etwas anfangen. Nun, hier muß man sich mit den deutschen Entsprechungen zufriedengeben. Als „Draufgabe" enthält das Buch einen zehnseitigen Beitrag zur Fachwortbildung im Englischen und im Deutschen, der dieses Gebiet kurz und übersichtlich darlegt – für den linguistisch interessierten Leser bestimmt von Wert. Alles in allem ein gelungenes, praktikables Wörterbuch, das dem auf verschiedenen naturwissenschaftlich-technischen Fachgebieten arbeitenden Übersetzer nur empfohlen werden kann. Man darf sich vom 2. Band (Deutsch/Englisch), den der Autor erarbeitet, gewiß eine gleich hohe Qualität erhoffen.

H. G. Schüler, Berlin EK 4220

Rechnergestützte Qualitätssicherung

Von *D. Hofmann*. Berlin: Verlag Technik 1988. 1. Auflage, 288 S., 122 Taf., 30,00 DM.

Vor dem Hintergrund wachsender Qualitätsansprüche und -angebote auf den internationalen Märkten, des allgemeinen Strebens nach vertiefter wissenschaftlicher Durchdringung des Reproduktionsprozesses zur Steigerung seiner Effizienz sowie beschleunigten innovativen Erzeugniswandels und Automatisierungsfortschritts bei hoher Wirtschaftlichkeit entspricht die rechnergestützte Qualitätssicherung objektiven Trends in Wissenschaft, Technik und Produktion. Dem trägt der Autor insbesondere auch dadurch Rechnung, daß er ihre Entwicklung konsequent mit der technisch-technologischen Erneuerung verknüpft und in die Grundkonzepte der rechnerintegrierten Fertigung (CIM) einordnet.

Er unterstreicht damit zugleich, daß die moderne Qualitätssicherung in immer stärkerem Maße auf leistungsfähige Meßtechnik zur Objektivierung der Qualitätsdaten setzt und die Unternehmen im Interesse ihrer Wettbewerbsfähigkeit auf eine rationelle rechentechnische Verarbeitung und Auswertung dieser in großen Mengen anfallenden Daten, auf unmittelbare Qualitätsdokumentation und -statistik angewiesen sind. So wird auch deutlich, daß die Qualitätssteuerung und -überwachung mit den Konzepten, Mitteln und Methoden vergangener Jahrzehnte nicht mehr beherrscht werden kann, sondern mehr denn je neuer praxisgerechter Systemlösungen bedarf, für deren Funktion auch fortgeschrittene Informations- und Kommunikationstechnik, wie die Nutzung von lokalen und globalen Datennetzen, unverzichtbar ist.

Das Anliegen des Verfassers, die intelligente Qualitätsmeßtechnik INQUAMESS als ein vereinheitlichendes Grundkonzept für eine enge Verknüpfung von Information, Qualität und Meßtechnik bei der rechnergestützten Qualitätssicherung vorzustellen, ist von hoher Aktualität. Ihm kann man angesichts der wettbewerbsentscheidenden Rolle der Produktqualität umso mehr folgen, als sich INQUAMESS bereits auf vielfältige Weise in der Praxis bewährt, jedoch nach aller Erfahrung die Möglichkeiten bei weitem nicht ausgeschöpft werden und gegenwärtig die rechnergestützte Qualitätssicherung in den Betrieben zumeist über Insellösungen nicht hinausgeht.

Der Autor weist INQUAMESS zu Recht eine Schlüsselrolle für die Strategie der fehlerfreien Arbeit zu. Das wird durch die angebotenen wissenschaftlichen Grundlagen sowie die beschriebenen System- und Einzellösungen bis hin zur wissensbasierten Qualitätssicherung einschließlich dafür erforderlicher Voraussetzungen dokumentiert.

Die Bedeutung von INQUAMESS für den wissenschaftlich-technischen und ökonomischen Fortschritt wird nicht zuletzt aus den aktuellen Trends der intelligenten Qualitätsmeßtechnik offensichtlich. Sie zeigen aus Sicht gegenwärtiger und künftiger Erfordernisse der rechnergestützten Qualitätssicherung ein breites Wirkungsspektrum, das das Eindringen von INQUAMESS in neue Produkte und Prozesse, die Entwicklung modular aufrüstbarer gerätetechnischer Lösungen mit entsprechender Software und Sensortechnik und die Schaffung neuer metrologischer Normale für INQUAMESS ebenso umfaßt wie die Optimierung der Qualitätskosten, die Objektivierung der prüftechnologischen Vorbereitung und die rechnerunterstützte Ausbildung mit INQUAMESS.

An dieser Stelle ist zugleich zu würdigen, daß dem Leser mit dem angebotenen Stoff auch ein Einblick gegeben wird in die vielschichtigen Anforderungen an das Qualitätsmanagement unserer Tage, den hohen Rang wettbewerbstragender Qualitätspolitik und ihrer erfolgreichen Umsetzung in modernen Qualitätssicherungssystemen der Unternehmen nach neuen Maßstäben bis hin zu Aspekten globaler Qualitätssicherung entsprechend den internationalen Erfordernissen.

Es ist dem Verfasser und allen, die zu dem Buch „Rechnergestützte Qualitätssicherung" beigetragen haben, zu danken, daß sie in übersichtlicher Weise Wesentliches zum Stand und zu den Entwicklungstendenzen auf diesem Gebiet unter Beachtung ihrer Verflechtung im Reproduktionsprozeß zusammengetragen haben und dem Leser methodisch gut geordnet sowie anwendungsbereit vermitteln.

Hervorzuheben ist das Bemühen um eine kritische analytisch-konzeptionelle Verarbeitung der Sachverhalte. Dabei erweist es sich zugleich als nützlich wie hilfreich, daß die verschiedenen Elemente der rechnergestützten Qualitätssicherung praxisbezogen abgehandelt und zumeist mit einer Bewertung des Erreichten und einem Ausblick auf neu Entstehendes und künftig Notwendiges verbunden werden.

Wenn in diesem Zusammenhang auch gegenwärtige Grenzen für die intelligente Qualitätsmeßtechnik, vor allem bezüglich ihrer Anwendung, aufgezeigt werden und der hohe Stellenwert fachmännischer Erfahrung niemals in den Hintergrund gerät, so ist das zugleich Zeugnis für noch ungelöste Probleme, auf die an vielen Stellen hingewiesen wird. Damit ist eine verstärkte Zusammenarbeit von Mathematikern, Natur- und Technikwissenschaftlern, Spezialisten der Rechen- und Kommunikationstechnik, erfahrenen Praktikern, Metrologen und Wirtschaftswissenschaftlern herausgefordert, um der Entwicklung intelligenter Qualitätsmeßtechnik und vor allem auch ihrer ökonomischen Nutzung neue Impulse zu verleihen.

Der Autor wendet sich mit dem Lehr- und Arbeitsbuch besonders an jene, die im Maschinen- und Gerätebau, auf dem Gebiet der Automatisierungstechnik und Informatik ihr Tätigkeits- bzw. Studienfeld haben.

Die ganzheitliche Betrachtungsweise der Informationsflüsse und die verdeutlichten komplexen Beziehungen zwischen den Elementen der rechnergestützten Qualitätssicherung einschließlich der metrologischen und ökonomischen Belange werden sich nicht nur für jene verständnisfördernd erweisen, die den Auf- und Ausbau von Qualitätssicherungssystemen im Detail wie als Ganzes zu gestalten haben. Vielmehr wird auch das ingenieurtechnische Personal, das mit seiner Arbeit in Forschung, Entwicklung, Produktionsvorbereitung, Fertigung, Absatz und Kundendienst unmittelbar Qualität vorbereitet, erzeugt, überwacht und auswertet, von dem Buch „Rechnergestützte Qualitätssicherung" einen Gewinn haben. Dazu tragen nicht zuletzt das umfangreiche Tafelwerk, das übersichtliche Standard- und Sachwörterverzeichnis ebenso bei wie die vielen Literaturhinweise, die es den Ingenieuren in der Praxis und den Studierenden der Hoch- und Fachschulen erleichtern, zu interessierenden Problemstellungen ihr Wissen im eigenen Ermessen zu vertiefen.

Es ist der Zeit und den Umständen geschuldet, daß vom Autor den in beiden deutschen Staaten bestehenden Ordnungen und Strukturen Rechnung zu tragen war. Es wird weiteren Ausgaben vorbehalten bleiben, mit dem Blick auf die künftige deutsche Einheit und die EG-Binnenmarktintegration auf Überholtes zu verzichten bzw. es auf den neuesten Stand zu bringen. In diesem Rahmen wird auch der Übergang auf ein einheitliches Normwerk zu beachten sein.

P.-K. Budig, Chemnitz EK 4191

Handbuch für Blitzschutz und Erdung

Von *P. Hasse; J. Wiesinger.* München: Richard Pflaum Verlag GmbH & Co. KG, Berlin, Offenbach: vde-verlag 1989. 3. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, 271 Seiten, 236 Bilder, 33 Tabellen, Hardcover, DM 78,00.

Das vorliegende Handbuch wendet sich an Meister, Techniker und Ingenieure, die sich mit der Planung, Konstruktion und Ausführung von Blitzschutzanlagen befassen sowie an Fachkräfte in Behörden, die über Anforderungen an Blitzschutzanlagen zu entscheiden haben. Darüber hinaus ist es aber auch für Lehrende und Lernende an Berufsschulen sowie für Studierende an Fachhochschulen und Universitäten gedacht, die sich mit den wissenschaftlichen Grundlagen der Blitzschutztechnik vertraut machen möchten. Selbst interessierten Laien bietet es nützliche Informationen bezüglich akuter Blitzgefahren und möglicher Blitzschutzmaßnahmen für Personen.

Von zwei profilierten Autoren werden Gundlagen und Methoden aufgezeigt, die dem Verständnis des natürlichen Phänomens der Blitzentladung einschließlich der damit verbundenen elektromagnetischen Begleiterscheinungen einerseits sowie der heute praktizierten und in Vorschriften gefaßten Blitzschutztechnik andererseits Rechnung tragen.

Im einzelnen werden nach einem Streifzug durch die Entwicklung der Blitzforschung und des Blitzschutzes die Entstehung von Gewitterzellen sowie die verschiedenen möglichen Blitztypen behandelt. Danach wird eine Übersicht über die in verschiedenen Gegenden zu erwartenden Blitzhäufigkeiten gegeben und Möglichkeiten der Gewittervorwarnung werden diskutiert. Anschließend werden die Stromkennwerte von Erdblitzen erläutert und praktikable Berechnungsgrundlagen für die Bestimmung der magnetischen und elektromagnetischen Blitzfelder bzw. der durch sie in Leitergebilden induzierten Spannungen dargelegt. In weiteren Kapiteln werden dann das Prinzip des Blitzschutzes baulicher Anlagen beschrieben, die Dimensionierung von Fanganordnungen und Ableitungen erklärt sowie Fragen der Ausführung von Erdungsanlagen, des Blitzschutz-Potentialausgleichs, der Schirmung von Gebäuden, Räumen, Raumzellen und Geräten sowie der Prüfung von Blitzschutzbauteilen und Schutzgeräten behandelt. In einem weiteren Kapitel werden ausführlich Hinweise für den Blitzschutz von Personen gegeben und in einem abschließenden Abschnitt die in der Bundesrepublik geltenden Blitzschutzbestimmungen einer kurzen kommentierenden Betrachtung unterworfen. Die Darstellung ist sowohl inhaltlich als auch der Form nach ganz ausgezeichnet.

E. Habiger, Dresden EK 4243

Fehler in Automaten

Von *D. Bachmann; R. Urbar.* Berlin: Verlag Technik 1989. 1. Auflage, 216 Seiten, 96 Abbildungen, 17 Tafeln.

Die Feststellung von Fehlfunktionen in diskreten Systemen sowie die Aufspürung der dafür verantwortlichen Fehlerursachen durch effektive Diagnoseverfahren interessieren bei diskreten technischen Systemen; dies in Verbindung mit der Bewertung rechnergestützt dazu erstellter Schaltungsentwürfe, desweiteren im Zuge der fertigungsbegleitenden Qualitätskontrollen sowie bei der End- und Typenprüfung digitaler Baugruppen und Geräte und insbesondere im Zusammenhang mit den hardware- und softwarebasierten Selbstüberwachungsroutinen in komplexen elektronischen Systemen, um fehlerfunktionsbedingte Folgeschäden und Gefährdungen zu vermeiden bzw. so gering wie möglich zu halten und dadurch die Zuverlässigkeit und Sicherheit solcher Systeme zu erhöhen.
Das vorliegende Buch enthält in thematisch geordneter Folge die Originalarbeiten von 23 Autoren zu diesem Problem.
Im einzelnen wird zunächst nach einer kurzen Einführung mit grundsätzlichen Betrachtungen zum technisch-konkreten und mathematisch-kybernetischen Automatenbegriff sowie zum Fehlerbegriff und den Möglichkeiten seiner mathematischen Repräsentation ein universeller Weg zur Automatisierung des Testentwurfs für digitale Objekte wie LSI-Schaltkreise und Mikroprozessorsysteme auf der Basis des Modells alternativer Graphen erläutert. Daran anschließend wird der Testentwurf für digitale Geräte mit Hilfe der Alternativgraphen behandelt und die schnelle Testsatzgenerierung auf der Grundlage des Bool-'schen Differentialkalküls ausführlich beschrieben. Weitere Arbeiten behandeln den rechnerunterstützten Entwurf von Fehlererkennungsschaltungen unter Verwendung von Ternärvektorlisten, Strategien und Mittel zur Diagnose elektronischer Baugruppen, Methoden zur Konzipierung selbstprüfender Schaltungen und fehlertoleranter Systeme, Systeme für die zyklische Selbsttestung diskreter Objekte, die Transformation binärer Signalfolgen zur Diagnose digitaler Baugruppen, das digitale In-Circuit-Testverfahren sowie diagnostische Modelle und Methoden zur Konstruktion funktioneller Test für Mikroprozessoren.
Insgesamt gesehen repräsentiert der vorliegende Band eine anspruchsvolle Monografie zu den aktuellen Fragen der technischen Diagnostik diskreter Systeme. Das theoretische Anspruchsniveau ist recht hoch. Er ist Wissenschaftlern und Ingenieuren zu empfehlen, die sich mit der Konzipierung effektiver Baugruppen-und Geräteprüfverfahren bzw. mit dem Entwurf und der Entwicklung zuverlässigkeits- und sicherheitsgerichteter elektronischer Automatisierungsmittel zu befassen haben.

E. Habiger, Dresden EK 4242

SPS-Projektierung und Programmierung

Von *J. Petry.* Heidelberg: Hüthig Buch Verlag GmbH 1990. 2. Auflage, 128 Seiten, 104 Abbildungen, DM 38,–

Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) haben sich seit ihrer Innovation Ende der sechziger Jahre weltweit bewährt und beherrschen heute in Form von Kleinsteuerungen in Eingehäuse-Kompaktausführung für wenige binäre Ein- und Ausgänge bis hin zu Gerätefamilien mit hierarchiespezifischen, über lokale Netze gekoppelten Komponenten zur Steuerung und Überwachung kompletter Industrieanlagen den Gesamtbereich der industriellen Automatisierung. Durch die Ablösung konventioneller steuerungstechnischer Instrumentierungen dringen sie unablässig in weitere Applikationsbereiche vor. Viele im Berufsleben stehende Fachleute sind daher genötigt, sich mit den Möglichkeiten der SPS-Technik vertraut zu machen und insbesondere die Herangehensweise bei der Projektierung und Programmierung solcher Systeme kennenzulernen.
Zugeschnitten auf diesen Personenkreis wird im vorliegenden Buch ausgehend von den Notwendigkeiten und Möglichkeiten der Aufgabenformulierung und der dazu verfügbaren darstellerischen Mittel (technisches Schema, Funktionsdiagramm, Wegdiagramm, Weg-Schritt-Diagramm, Zustandsdiagramm, Programmablaufplan und Funktionsplan) der Standard-Projektierungsablauf für SPS-Systeme beschrieben. Im Zusammenhang damit werden zunächst die im Bereich industrieller Steuerungen üblichen funktionellen Steuerungstypen und Steuerungsstrukturen erläutert, anschließend die Standardprogrammiersprachen ANWEISUNGSLISTE (AWL), KONTAKTPLAN (KOP) und FUNKTIONSPLAN (FUP) beschrieben, dann die z. Z. technisch verfügbaren Programmiergeräte vorgestellt sowie der Komplex der bei SPS erforderlichen Bedienfunktionen (Programm schreiben, editieren, korrigieren, testen, kommentieren, dokumentieren, transferieren, archivieren) erklärt. Des weiteren werden das Wesen der Offline- und On-line-Programmierung sowie die bei SPS möglichen Programmstrukturen (lineare und strukturierte Programme) dargestellt. Anhand von insgesamt 12 überschaubaren Beispielen wird sodann die Programmierung typischer Steuerungsfunktionen (Verknüpfungs- und Ablaufsteuerungen, digitale Steuerungen) geübt. Eine kurze aber ingenieurmäßig relevante Betrachtung zu den Fragen der Zuverlässigkeit, Sicherheit, Diagnose und Wartung von SPS-Systemen beschließt den Band. Wichtige Normen und Bestimmungen zur SPS-Technik findet man am Ende des Buches zusammengestellt. Alles in allem handelt es sich um eine leicht faßliche Darstellung für den eingangs genannten Personenkreis.

E. Habiger, Dresden EK 4241

Automatisierungsanlagen mit Mikrorechnern –Einsatzvorbereitung–

Von *W. Haase; G. Müller.* Berlin: Verlag Technik 1989. 1. Auflage, 84 S., 27 Abb., 15 Taf., Broschur, 4,80 DM.

Mit der Einführung der Mikroelektronik und Mikrorechentechnik in die Automatisierungstechnik vollzog sich ein Strukturwandel mit weitreichenden Konsequenzen in Bezug auf die Projektierung, Herstellung und Anwendung entsprechender Automatisierungsanlagen. Die grundsätzlichen Unterschiede in den Systemeigenschaften sowie der wesentlich erweiterte Funktionsumfang haben u. a. dazu geführt, daß über die Effizienz solcher Automatisierungssysteme nahezu vollständig in der Entwurfsphase, d. h. vor Beginn der Ausführungsprojektierung entschieden wird. Ausgehend von diesen Erfahrungen haben sich die Autoren des vorliegenden Bandes die Aufgabe gestellt, MSR-Projektanten, Angebots- und Entwurfsingenieuren, Auftraggebern, Projektanten angrenzender Fachbereiche sowie weiteren auf dem Gebiet der Investitionstätigkeit und Einsatzvorbereitung von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen tätigen Fachleuten ein kurzgefaßtes Kompendium als Anleitung zum rationellen Handeln in die Hand zu geben. Im einzelnen werden darin nach einigen einführenden Bemerkungen zu den Automatisierungszielen und Automatisierungsaufgaben aus volkswirtschaftlicher Sicht die zu einem modernen Mikrorechner-Automatisierungskonzept gehörenden Sachkomplexe, wie Anlagen- und Prozeßdekomposition, Prozeßsteuerungskonzeption, Prozeßführungskonzeption, Mensch-Maschine-Kommunikation, Hardware- und Softwarekonzept, Anlagentopologie und Verkabelungskonzept, Versorgungsenergiebereitstellung, Zuverlässigkeit, elektromagnetische Verträglichkeit, Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutz, Bautechnik, Anlagenmontage und Inbetriebsetzung sowie Serviceleistungen, Garantie- und Qualifikationsanforderungen ausführlich erläutert. Daran anschließend werden anhand von zwei Beispielen für Automatisierungskonzeptionen (energieoptimale Steuerung eines Siemens-Martin-Ofens, Automatisierung einer kommunalen Abwasserreinigungsanlage) mit dem Prozeßleitsystem audatec die vorangegangenen projektneutralen Überlegungen praktisch untersetzt. Die Darstellung schließt mit einer Übersicht über die Bestandteile einer Auftragsdokumentation sowie mit einem kurzen Ausblick auf Trends, welche die Einsatzvorbereitung von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen maßgeblich beeinflussen.
Es handelt sich um eine sehr informative Niederschrift aus der der angesprochene Personenkreis jedoch sicher auch Studenten und Dozenten des einschlägigen Fachgebietes Nutzen ziehen werden.

E. Habiger, Dresden EK 4201

Documentation

Geißler, A.; Retzlaff, A.
Hardware Structure of the SIS-BLV
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 9, pp. 285–286, 2 Figs.
Both the long-range plane with all long-range techniques and the process running plane with the complete microprocessor system are illustrated and described. Processing up to 1200 measuring values and 5500 messages is possible. The device configuration, the components, the enclosure system, and the current supply are illustrated.

Jarosczinsky, H.; Kadner, G.
The Directing Station Software „Standard Solution BLV" and the Technology of Its Operating Use in Quantity
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 8, pp. 287–289, 1 Fig.
Purpose and task of a process-technical „standard solution BLV" on base of a double-busses coupled multiple microcomputer system as well as of a programm packet for using in directing station of elektric networks are illustrated. Additionally, practical experiences are described.

Obenhaus, D.; Schmid, G.
Measures of Quality Safeguarding in Directing Techniques Systems SIS-BLV
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 8, pp. 290–291,
The reliability requirements of the user determine both the circumference of the final tests and by means of intertests the maintenance of the manufacturing technology. Thereby measures of the control of the receipt of goods, of the manufacturing technology. Thereby measures of the control of the receipt of goods, of the manufacturing control, the preaging, testing components and plants and testing starting have to be coordinated.

Bauer, H.; Langer, G.; Kolpe, M
Interference Stability if the Input Circuits for Messages during Different Rated Voltages
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 8, pp. 292–297, 10 Figs., 1 Table, 33 Equations, 1 Ref.
The directing techniques on base of microcomputers makes possible transferring to lower indicating voltages, when thereby the EMV is not deteriorated. Starting from an equivalent circuit the capacitive push-pull distubing couplings are computed for hum and pulse disturbing voltages. A comparison of input circuits of 24 V and of 220 V shows, that the interference stability is invariant as a principle versus the indicating voltage. By means of coupling factors the disturbing thresholds may be determined approximately during dimensioning the circuit. By example results of the experimental proof are described.

Bauer, H.; Gnüchtel, K.; Henkel, G.
Application Preparation and Operation of the Plant Directing Techniques for a Transformer Station of 380/110 kV
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 8, pp. 297–302, 3 Figs., 3 Tables, 5 Refs.
Plant directing techniques on base of microcomputers require new solutions of preparing, testing and proof registering, but also for the higher level of the working organization. Through constructive cooperation between manufacturer and user effective solutions have been found. Centres were the communication about function range, process coupling, training the operating staff and the proof of the stability and reliability of the directing techniques during the test operation.

Hain, A.; Mahnert, H.; Buchholz, B.; Kretzschmar, G.; Tosch, H.
Starting the KNOSPE in the VUW of Frankenberg
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 8, pp. 303–305, 3 Figs., 2 Tables, 3 Refs.
In the transformer station of Frankenberg, which is operated by means of microelectronic directing techniques, the method of the short-time low-resistive neutral earthing (KNOSPE) is used for selectively switching-off earth short-circuits in the area and for acquiring and indicating them in network. Results are represented, reached during network tests.

Mahnert, H.; Preußler, R.
Experiences with Operating Microcomputer Systems in Transformer Stations
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 8, pp. 306–309, 6 Figs., 5 Tables, 6 Refs.
Base of this consideration is the integrated microelectronic directing techniques for transformer stations with simplified switching plant of 110 kV (INEL-VUW 110 kV MS). In this contribution thoughts of directing operation of the plant are discussed, especially under the view of the network operation, and a view to further developments is given.

Rausendorf, S.
Dimensioning Electrodes of High-Voltage Testing Plants by Means of Numeric Field Computation
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 8, pp. 310–312, 3 Figs., 2 Equations, 5 Refs.
Electrodes of high-voltage testing plants are very manifold with regard to its geometry. This diversity offers high requirements to the computing methods and with it to the development of such algorithms. The aim of this contribution is pointing out modifications from an evaluating confrontation of numeric field computing methods by example of high-voltage electrodes.

ДОКУМЕНТАЦИЯ

Гайслер, А.; Ретцлаф, А.
Структура аппаратного обеспечения оснастки районного распределительного пункта (SIS–BLV)
ELEKTRIE, Берлин 44 (1990) 8, стп. 285–286, 2 рис.
Представляются и описываются как уровень телемеханики со всему техническими решениями телемеханики, так и уровень управления процессом вместе с целой системой микро ЭВМ. Обеспечивается обработка до 1200 измерительных и 5500 сообещний. Поясняются конфигурация аппаратуры, отдельные узлы, система механической конструкции и электропитание.

Ярощински, Х.; Каднер, Г.
Программное обеспечение командного поста „типовое решение BLV " и технология его серийного применения в эксплуатации
ELEKTRIE, Берлин 44 (1990) 8, стр. 287-289, 1 рис.
Представляются цель и задача технологического „типового решения BLV" на базе связанной двойной системной шиной многомашинной системы микро ЭВМ и пакета программ, предназначенного для применения на командных постах электрических сетей. Кроме того, описывается накопленный на практике опыт.

Обенхауз, Д.; Шмид, З.
Меры по обеспечению качества в системах техники управления SIS-BLV
ELEKTRIE, Берлин 44 (1990) 8, стр. 290–291.
Требования по надежносту, предьявляемые потребителем, определяют как обьем заключительных испытаний, так и – путем проведения промежуточных испытаний – соблюдение технологии изготовления. При этом требуется кооординция мер по входному контролю изделий, контролю процесса изготовления, по тренировке злементов, по тестированию узлов и установок, а также по испытанию при вводе в эксплуатацию.

Бауэр, Х.; Лангер, Г.; Колпе, М.
Помехоустойчивость входных контуров для сообщений при разных номинальных напряжениях
ELEKTRIE, Берлин 44 (1990) 8, стр. 292–297, 10 рис., 1 табл., 33 уравн., 1 лит.
Техника управления на базе микро ЭВМ обеспечибает возможность перехода на более низкие сигнальные напряжения, при условии, что при этом не ухудшается ЕМС. Исходя из эквивалентной схемы расчитываются вносимые емкостные противофазные помехя для фонового и импульсного мешаюших напряжений. Сравнение входных контуров на 24 В и на 220 В показывает, что помехоустойчивость является принципиально инвариатной по отношению к сигнальному напряжению. При помощи коэффициентов связи возможно приближенное определение пороговых мешающих напряжений при расчете схем. На примере рассматриваются результаты проведения экспериментального доказательства.

Бауэр, Х.; Гнюхтель, К.; Хенкель, Г.
Подготовка к применению и ввод в эксплуатацию техники управления для трансформаторной подстанции 380/110 кВ
ELEKTRIE, Берлин 44 (1990) 8, стр. 297–302, 3 рис., 3 табл., 5 лит.
Применение техники управления распределительными устройствами на базе микро ЭВМ требует новых решений для подготовки, испытания и учета, но и для обеспечения более высокого уровня организации труда. За счет конструктивного сотрудничества между изготовителем и потребителем найдены эффективные решения. Основное внимание было уделено согласованию состава функций, сопряжению процессов, обучению эксплуатационного персонала и доказательству стабильности и надежности работы спедств управления во время опытной эксплуатации.

Майн, А.; Манерт, Х.; Бухгольц, Б.; Кретшмар, Г.; Тош, Х.
Ввод в эксплуатацию метода КНОСПЕ на трансформаторной подстанции г. Франкенберг
ELEKTRIE, Берлин 44 (1990) 8, стр. 303-305, 3 рис., 2 табл., 3 лит.
На трансформаторной подстанции г. Франкенберг, эксплуатируемой с микрроэлектронной аппаратурой управления, применяется метход кратковременного низкоомного заземления нейтральной точки (КНОСПЕ) для избирательного отключения коротких замыканий на землю в пределах установки и для их учета и сообщения в сети среднего напряженния. Представляются результаты, полученные при проведении исследований на сети.

Манерт, Х. Пройслер, Р.
Опыт эксплуатации микропроцессорных систем на трансформаторных подстанциях
ELEKTRIE, Берлин 44 (1990) 8, стр. 306–309. 6 рис., 5 табл., 6 лит.
Основой данной работы является интегрированная микроэлектронная техника управления для трансформаторных подстанций с упрощенной распределительной установкой 110 кВ (IMEL – VUW 110 кВ–MS). В статье обсуйждаются соображения по управления работой установки, в частности, с точки зрения эксплуатации сети, и рассматриваются перспективы будущего усовершенствования.

Раузендорф, З.
Расчет электродов высоковольтных испытательных установок при помощи численного пасчета поля
ELEKTRIE,Берлин 44 (1990) 8, стр. 310–312, 3 рис., 2 уравн., 5 лит.
Электроды высоковольтных испытательных установок по своей геометрпии являются очень разнообразныму. Эта разнообразность предьявляет высокие требования к методам расчета и, тем самым, к разработке соответствующих алгоритмов. Целью статьи является, на базе оценивающего сопоставления численных методов расчета поля выявить модификации на примере высоковольтных электродов.

Dokumentation

Geißler, A.; Retzlaff, A.
Hardwarestruktur des SIS-BLV
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 8, S. 285–286, 2 Bilder
Es erfolgt die Darstellung und Beschreibung sowohl der Fernwirkebene mit allen Fernwirktechniken als auch der Prozeßleitebene mit dem gesamten Mikrorechnersystem. Es ist eine Verarbeitung von bis zu 1200 Meßwerten und 5500 Meldungen möglich. Es werden die Gerätekonfiguration, die Baugruppen, das Gerfäßsystem und die Stromversorgung erläutert.

Jarosczinsky, H.; Kadner, G.
Die Leitstellensoftware „Typlösung BLV" und die Technologie ihres serienmäßigen Betriebseinsatzes
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 8, S. 287–289, 1 Bild
Es werden Zweck und Aufgabe einer verfahrenstechnischen „Typlösung BLV" auf der Grundlage eines doppelbusgekoppelten Mehrmikrorechnersystems sowie eines Programmpaketes für den Einsatz in Leitstellen elektrischer Netze dargestellt. Außerdem werden praktischen Erfahrungen beschrieben.

Obenhaus,, D.; Schmid, G.
Maßnahmen zur Qualitätssicherung bei Leittechniksystemen SIS-BLV
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 8, S. 290–291
Die Zuverlässigkeitsanforderungen des Betreibers bestimmen sowohl den Umfang der Endprüfungen, aber auch durch Zwischenprüfungen die Einhaltung der Fertigungstechnologie. Hierbei sind Maßnahmen der Wareneingangskontrolle, der Fertigungskontrolle, zur Voralterung, zum Baugruppen- und Anlagentest und zur Inbetriebnahmeprüfung zu koordinieren.

Bauer, H.; Langer, G.; Kolpe, M.
Störfestigkeit der Eingangskreise für Meldungen bei unterschiedlichen Nennspannungen
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 8, S. 292–297, 10 Bilder, 1 Taf., 33 Gln., 1 Lit.
Die Leittechnik auf Mikrorechnerbasis ermöglicht den Übergang auf niedrigere Meldespannungen, wenn die EMV dabei nicht verschlechtert wird. Ausgehend von einer Ersatzschaltung werden die kapazitiven Gegentakt-Störeinkopplungen für Brumm- und Impulsstörspannungen berechnet. Ein Vergleich von 24-V- mit 220-V-Eingangskreisen zeigt, daß die Störfestigkeit grundsätzlich invariant gegenüber der Meldespannung ist. Mit Hilfe von Koppelfaktoren können näherungsweise die Störschwellen bei der Schaltungsdimensionierung bestimmt werden. Am Beispiel werden Ergebnisse des experimentellen Nachweises mitgeteilt.

Bauer, H.; Gnüchtel, K.; Henkel, G.
Einsatzvorbereitung und Inbetriebnahme der Schaltanlagen-Leittechnik für ein 380-/110-kV-Umspannwerk
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 8, S. 297–302, 3 Bilder, 3 Tafeln, 5 Lit.
Schaltanlagen-Leittechnik auf Mikrorechnerbasis erfordern neue Lösungen für Vorbereitung, Prüfung und Nachweisführung, aber auch für das höhere Niveau der Arbeitsorganisation. Durch konstruktive Zusammenarbeit zwischen Hersteller und Betreiber wurden effektive Lösungen gefunden. Schwerpunkte waren die Abstimmung zum Funktionsumfang, die Prozeßkopplung, die Schulung des Betriebspersonals und der Nachweis der Stabilität und Zuverlässigkeit der Leittechnik während des Probebetriebes.

Hain, A.; Mahnert, H.; Buchholz, B.; Kretzschmar, G.; Tosch, H.
Inbetriebnahme der KNOSPE im VUW Frankenberg
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 8, S. 303–305, 3 Bilder, 2 Tafeln, 3 Lit.
Im Umspannwerk Frankenberg, das mit mikroelektronischer Leittechnik betrieben wird, wird das Verfahren der kurzzeitigen niederohmigen Sternpunkterdung (KNOSPE) angewandt für die selektive Abschaltung von Erdkurzschlüssen im Anlagenbereich und für ihre Erfassung und Meldung im MS-Netz. Bei Netzversuchen gewonnene Ergebnisse werden vorgestellt.

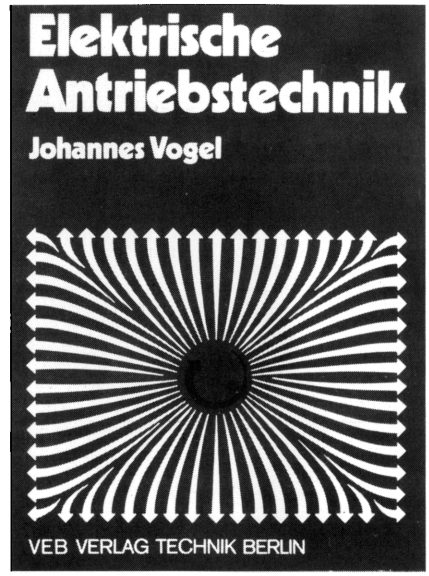
Mahnert, H.; Preußler, R.
Erfahrungen beim Betrieb von Mikro-Rechnersystemen in Umspannwerken
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 8, S. 306–309, 6 Bilder, 5 Tafeln, 6 Lit.
Grundlage dieser Betrachtung ist die integrierte mikroelektronische Leittechnik für Umspannwerke mit vereinfachter 110-kV-Schaltanlage (IMEL – VUW 110 kV-MS). Im Beitrag werden Gedanken zur Betriebsführung der Anlage besonders aus der Sicht des Netzbetriebes diskutiert und ein Ausblick auf Weiterentwicklungen gegeben.

Rausendorf, S.
Elektrodendimensionierung von Hochspannungs-Prüfanlagen mittels numerischer Feldberechnung
ELEKTRIE, Berlin 44 (1990) 8, S. 310–312, 3 Bilder, 2 Gln., 5 Lit.
Elektroden von Hochspannungs-Prüfanlagen sind in ihrer Geometrie sehr vielfältig. Diese Vielfalt stellt hohe Ansprüche an die Berechnungsverfahren und damit an die Entwicklung derartiger Algorithmen. Ziel des Beitrages ist es, aus einer bewertenden Gegenüberstellung von numerischen Feldberechnungsverfahren Modifikationen am Beispiel von Hochspannungselektroden aufzuzeigen.

ELEKTRIE

Herausgeber	Kammer der Technik, Fachverband Elektrotechnik
Verlag	Verlag Technik GmbH Oranienburger Straße 13/14, Berlin, DDR, 1020 Telegrammadresse: Technikverlag Berlin Telefon: 28700; Telex: 0112228 techn. dd Telefax: 2870259
Geschäftsführer	Dipl.-Ing. *Klaus Hieronimus*
Redaktion	Dr.-Ing. *Klaus Heide*, Chefredakteur (Telefon: 2870345) Dipl.-Ing. *Fritz Heinecke*, Redakteur (Telefon: 2870343) *Roland Lüders*, redaktioneller Mitarbeiter (Telefon: 2870344)
Lizenz-Nr.	1100 des Presse- und Informationsdienstes der Regierung der DDR
Gesamtherstellung	Leipziger Druck & Buchbinderei GmbH, Betriebsteil Akzidenz Floßplatz
Gestaltung	*Ursula Maria Lange*
Anzeigenannahme	Verlag Technik GmbH, Anzeigenabteilung, Oranienburger Straße 13/14, Berlin, 1020 Telefon: 2870309 oder 2870291 Telefax: 2870254 Anzeigenpreisliste 1
Erfüllungsort und Gerichtsstand	Berlin-Mitte. Der Verlag behält sich alle Rechte an den von ihm veröffentlichten Aufsätzen und Abbildungen, auch das der Übersetzung in fremde Sprachen, vor. Auszüge, Referate und Besprechungen sind nur mit voller Quellenangabe zulässig.
AN (EDV)	6730
Erscheinungsweise	monatlich 1 Heft
Heftpreis	DM 8,00, Abonnementpreis vierteljährlich DM 24,00.
Bezugsmöglichkeiten	
DDR	sämtliche Postämter
SVR Albanien	Direktorije Quendrore e Perhapjes dhe Propaganditit te Librit Rruga Konference e Pezes, Tirana
VR Bulgarien	Direkzia R. E. P., 11 a, Rue Paris, Sofia
VR China	China National Publications Import and Export Corporation, West Europe Department, P. O. Box 88 Beijing
ČSFR	PNS – Ústřédni expedicia a dovoz tisku Praha, Slezská 11, 120000 Praha 2 PNS, Ústredna expedicia a dovoz tlače Praha, Posta 022, 88547 Bratislava
SFR Jugoslawien	Jugoslovenska Knijiga, Terazije 27, Beograd; Izdavačko Knjižarsko Produzéće MLADOST, Ilica 30, Zagreb
Koreanische DVR	CHULPANMUL Korea Publications Export & Import Corporation, Pyongyang
Republik Kuba	Empresa de Comercio, Exterior de Publicaciones, O'Reilly No. 407, Ciudad Habana
Republik Polen	C.K.P.i.W. Ruch, Towarowa 28, 00-958 Warszawa
Rumänien	D.E.P. Bucaresti Piata Scinteii, Bucaresti
UdSSR	Städtische Abteilungen von Sojuzpečat' oder Postämter und Postkontore
Republik Ungarn	P.K.H.I. Külföldi Elöfizetési Osztály, P. O. Box 16, 1426 Budapest
SR Vietnam	XUNHASABA 32, Hai Ba Trung, Ha Noi
BRD und Berlin (West)	ESKABE Kommissions-Grossobuchhandlung, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.; Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141–167, Berlin (West) 52; Kunst und Wissen Erich Bieber OHG, Postfach 46, 7000 Stuttgart 1; Gebrüder Petermann, BUCH + ZEITUNG INTERNATIONAL, Kurfürstenstraße 111, Berlin (West) 30
Österreich	Helios Literatur-Vertriebs-GmbH & Co. KG, Industriestraße B 13, Brunn am Gebirge
Schweiz	Verlagsauslieferung Wissenschaft der Freihofer AG, Weinbergstr. 109, 8033 Zürich
Alle anderen Länder	örtlicher Buchhandel; Verlag Technik GmbH

ELEKTRISCHE ANTRIEBSTECHNIK



In vierter, stark bearbeiteter Auflage!
Von Prof. Dr. sc. techn. Johannes Vogel u. a.
416 Seiten, 303 Bilder, 28 Tafeln, Leinen, 25,50 DM
Bestellangaben: 553 890 4/Vogel, El. Antriebstechnik

Das Lehrbuch vermittelt Kenntnisse über die Wirkungsweise und das Verhalten elektrischer Antriebe für eine technisch-ökonomisch begründete Auswahl und Dimensionierung. Die einzelnen Abschnitte sind gegliedert in der Reihenfolge Anforderungen aus dem technologischen Prozeß – Bestimmung der Schaltungsstruktur – Auswahl und Dimensionierung der Bauglieder des Leistungs- und Informationsteils. In allen Abschnitten wurden Aktualisierungen entsprechend dem neuesten Stand der Technik vorgenommen, z. B. die leistungselektronischen Stellglieder und die digitale Antriebsregelung betreffend.

AUS DEM INHALT:
Analyse der Stell- und Bewegungsvorgänge Größen des Bewegungsablaufs · Kräfte und Drehmomente · Mechanische Antriebsleistung · Leistungsbedarf ausgewählter Arbeitsmaschinen · Im Antriebssystem gespeicherte kinetische Energie · Elastizitäten und Getriebespiele im Zweimassensystem · Prozeßanalytische Aufbereitung der Antriebsvorgänge

Kennlinienfelder und Stellmöglichkeiten elektrischer Antriebsmaschinen Energiebilanz im Antriebssystem · Gleichstrom-Nebenschlußmaschine (GNM) · Gleichstrom-Reihenschlußmaschine (GRM) · Asynchronmaschine mit Schleifringläufer (AMSL) · Asynchronmaschine mit Kurzschlußläufer (AMKL) · Synchronmaschine mit Schenkelpolläufer (SM) · Einphasen- und Drehstrom-Kommutatormaschinen · Elektromagnetische Kupplungen · Bemerkungen zur Auswahl elektrischer Antriebsmaschinen

Typenleistung und Schutzeinrichtungen elektrischer Maschinen Allgemeine Konstruktionsmerkmale und Maschinendaten · Einflußfaktoren auf die Lebensdauer und Umwelt · Verlustleistungen · Thermische Vorgänge und Betriebsarten · Typenleistungsbestimmung nach dem Einkörpermodell und nach dem Zweikomponentenmodell · Anlasser und Steller · Motorschalter und Motorschutz

Leistungselektronische Stellglieder für elektrische Antriebe Übersicht und Einteilung der Stellglieder · Leistungselektronische Stellglieder für Gleichstromantriebe und für Drehstromantriebe · Netzrückwirkungen von Stromrichtern

Stromrichtergespeiste Gleich- und Drehstromantriebe Stationäres und dynamisches Verhalten stromrichtergespeister Gleichstrom- und Drehstromantriebe · Regelung spezieller Größen des Bewegungsablaufes · Bauglieder zur Informationserfassung und -verarbeitung

Elektrische Kleinantriebe Gleichstrom-Kleinantriebe · Wechselstrom-Reihenschlußantriebe (Universalmotoren) · Asynchrone und synchrone Wechselstrom-Kleinantriebe · Elektronikmotoren · Schrittantriebe

Anhang SI-Einheiten und Umrechnungsbeziehungen · Bestimmung der Anlaufkennlinie und der Anlaufzeit · Bestimmung und Auswertung der Stromortskurve für AMSL · Drehmomentenbeziehungen von Drehstrommaschinen in Raumzeigerdarstellung · Bestimmung von Erwärmungsgrößen elektrischer Maschinen · Kennwerte von Halbleiterbauelementen für Stromrichterstellglieder · Eigenschaften und Kenndaten netzgeführter Stromrichterschaltungen · Laplace-Transformationen · Frequenzgänge zur Beurteilung des Regelkreisverhaltens · Lineare Reglerschaltungen · Nichtlineare Reglerschaltungen und Funktionsgeber · Standards.

Lieferung durch den Buchhandel oder direkt ab Verlag

VERLAG TECHNIK GmbH

ISSN 0013–5399
ELEKTRIE · Berlin 44 (1990) 8 · S. 281–320

6730 8 177 027 465
KOMB KERAM WERKE
8612 7001 0136 PF 1

efa 90

Fachausstellung für Elektrotechnik und Elektronik

Erfurt 3.–5. 10. 1990
IGA-Gelände

Öffnungszeit
9.00–18.00 Uhr